جامعة البعث
كلية الزراعة
قسم التربة واستصلاح الأراضي



تأثير التسميد العضوي في امتصاص النبات لعنصري الزنك والنحاس وعلاقته بالنشاط الميكروبيولوجي للتربة

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في اختصاص التربة واستصلاح الأراضي

إعداد

المهندسة مريم الأشتر

بإشراف

الأستاذ الدكتور محمود عودة
مشرفاً علمياً

الأستاذ الدكتور عبد الله العيسى
مشرفاً مشاركاً

2008 –2009

المحتويات Sommaire

شـــــــهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة **مريم الأشتر** ، طالبة الماجستير في قسم التربة واستصلاح الأراضي في كلية الزراعة في جامعة البعث، وتحت إشراف الدكتور **محمود عودة** مشرفاً أساسياً: الأستاذ في قسم التربة واستصلاح الأراضي في كلية الزراعة بجامعة البعث، والدكتور **عبد الله العيسى** مشرفاً مشاركاً: الأستاذ في قسم التربة واستصلاح الأراضي في كلية الزراعة بجامعة البعث.

أن أيبة مراجع أخرى ذكرت في هذا العمل موثقة في نص هذه الرسالة.

المرشحة	المشرف على الرسالة	
مريم الأشتر	الدكتور محمود عودة	الدكتور عبد الله العيسى

Certificate

*We witness that the described work in this thesis is the result of scientific research conducted by the candidate **Maryame AL-ACHTAR** under the supervision of **Dr. Mahmoud OUDEH** (main supervisor), and **Dr. Abdulla AL-ISSA** (assistant supervisor).*

Any other references in this work are documented in the text of the treatise.

Candidate	*Main supervisor*	*assistant supervisor*
Maryame AL-ACHTAR	*Dr. Mahmoud OUDEH*	*Dr. Abdulla AL-ISSA*

تصريح

أصرح بأن هذا البحث (تأثير التسميد العضوي في امتصاص النبات لعنصري الزنك والنحاس وعلاقته بالنشاط الميكروبيولوجي للتربة) لم يسبق أن قبل لأي شهادة، ولا هو مقدم حالياً للحصول على أية شهادة أخرى.

المرشحة

مريم الأشتر

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في اختصاص تربة واستصلاح الأراضي، من كلية الهندسة الزراعية – جامعة البعث.

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 14 / 06 / 2009 وأجيزت:

لجنة الحكم

الاستاذ الدكتور مصطفى البلخي

قسم علوم التربة – كلية الزراعة – جامعة دمشق

الاستاذ الدكتور محمود عودة

قسم التربة واستصلاح الأراضي – كلية الزراعة – جامعة البعث

الدكتور سمير شمشم

قسم التربة واستصلاح الأراضي – كلية الزراعة – جامعة البعث

شـــــــهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة **مريم الأشتر،** طالبة الماجستير في قسم التربة واستصلاح الأراضي في كلية الزراعة في جامعة البعث، وتحت إشراف الدكتور **محمود عودة** الأستاذ في قسم التربة واستصلاح الأراضي في كلية الزراعة بجامعة البعث- مشرفاً أساسياً، والدكتور **عبد الله العيسى** الأستاذ في قسم التربة واستصلاح الأراضي في كلية الزراعة بجامعة البعث- مشرفاً مشاركاً.

أن أي مراجع أخرى ذكرت في هذا العمل موثقة في نص هذه الرسالة.

المرشحة	المشرف على الرسالة	
مريم الأشتر	**الدكتور محمود عودة**	**الدكتور عبد الله العيسى**

Certificate

We witness that the described work in this thesis is the result of scientific research conducted by the candidate ***Maryame AL-ACHTAR*** *under the supervision of* ***Dr. Mahmoud OUDEH*** *(main supervisor), and* ***Dr. Abdulla AL-ISSA*** *(assistant supervisor).*

Any other references in this work are documented in the text of the treatise.

Candidate	*Main supervisor*	*Assistant supervisor*
Maryame AL-ACHTAR	***Dr. Mahmoud OUDEH***	***Dr. Abdulla AL-ISSA***

تصريح

أصرح بأن هذا البحث (تأثير التسميد العضوي في امتصاص النبات لعنصري الزنك والنحاس وعلاقته بالنشاط الميكروبيولوجي للتربة) لم يسبق أن قبل لأي شهادة، ولا هو مقدم حالياً للحصول على أية شهادة أخرى.

المرشحة

مريم الأشتر

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في اختصاص تربة واستصلاح الأراضي، من كلية الهندسة الزراعية – جامعة البعث.

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 14 / 06 / 2009 وأجيزت:

لجنة الحكم

الأستاذ الدكتور مصطفى البلخي

قسم علوم التربة، كلية الزراعة – جامعة دمشق

الأستاذ الدكتور محمود عودة

قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة – جامعة البعث

الدكتور سمير شمشم

قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة – جامعة البعث

الملخص Abstract

هدف البحث المنفذ في أصص، إلى دراسة تأثير إضافة تراكيز مختلفة من عنصري الزنك [$Zn=0-100-200\ mg.kg^{-1}$] ، والنحاس [$Cu=0-50-100\ mg.kg^{-1}$] ، كلاً على حده أو ممزوجة مع بعضها، ومعدلات مختلفة من السماد العضوي [OM=0-20-40 t/ha] ، في محتوى التربة من الزنك والنحاس القابلين للإفادة، وفي امتصاص النبات المزروع (السبانخ- موسم 2007، والخس- موسم 2008) لهذين العنصرين، وإنتاج المادة النباتية الجافة، وفي أعداد بعض مجاميع الأحياء الدقيقة الرئيسة في التربة (البكتريا غير ذاتية التغذية، والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني، والاكتينومايسيتات، والفطريات)، وكما في شدة تنفس التربة. وذلك في تربتين مختلفتي المحتوى من الكربونات الكلية: التربة الأولى (S_1) فقيرة بالكربونات الكلية، بينما التربة الثانية (S_2) غنية بها. ولقد اشتملت التجربة على 27 معاملة وخمسة مكررات / معاملة في كلتا التربتين المختبرتين، وفي كلا موسمي النمو المدروسين (موسم 2006-2007 وموسم 2007-2008).

بينت النتائج أن التسميد العضوي أدى إلى ارتفاع عالي المعنوية ($P<0.001$) في محتوى التربة من المادة العضوية، وإلى زيادة الإنتاجية من المادة النباتية الجافة، لكنه أدى بالمقابل إلى انخفاض في محتوى الأوراق من عنصري الزنك والنحاس. كما بينت النتائج أيضاً ارتفاع محتوى التربة من الزنك والنحاس القابلين للإفادة معنوياً ($P<0.001$) مع زيادة مستوى الإضافة من كل منهما، ولم تكن لإضافة الزنك تأثير معنوي في محتوى التربة من النحاس، كما لم تكن لإضافة النحاس تأثير معنوي في محتوى التربة من الزنك. ولقد أدت إضافة النحاس إلى انخفاض في محتوى الأوراق من الزنك، بينما تباين تأثير إضافة الزنك في محتوى الأوراق من النحاس تبعاً للنبات المزروع. وتظهر المقارنة بين النوعين النباتيين المزروعين، أن محتوى أوراق السبانخ من الزنك والنحاس بتأثير المعاملات المستخدمة كان أعلى معنوياً ($P<0.001$) من محتوى نبات الخس من هذين العنصرين. أما المقارنة بين التربتين المستخدمتين فتظهر تفوقاً واضحاً للتربة S_1 على التربة S_2 فيما يخص الإنتاجية من المادة النباتية الجافة.

كما أدت إضافة الزنك والنحاس منفردين أو مع بعضهما إلى خفض أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية عند زراعة السبانخ والخس وفي التربتين S_1, S_2 على حد سواء، وكان لتركيز النحاس تأثير أشد سلبية في البكتريا غير ذاتية التغذية مقارنة مع الزنك. كما انخفضت أعداد

البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في الترب المعاملة بتراكيز مختلفة من الزنك في التربتين S_1, S_2 وعند زراعة السبانخ والخس، في حين تدنت أعداد الاكتينومايسيتات في التربة S_2 فقط تحت تأثير إضافة مستويات الزنك المختلفة، بينما تجلى التأثير السلبي للنحاس على الاكتينومايسيتات عند زراعة السبانخ. أدت إضافة الزنك والنحاس مجتمعين من جهة أخرى إلى تثبيط الفطريات في التربة S_1, S_2، بيد أن التسميد العضوي أثر عند إضافته مع كل من الزنك والنحاس إيجاباً في أعداد المجاميع الرئيسة المدروسة من البكتريا. وتأثرت شدة تنفس التربة سلباً بإضافة كل من الزنك والنحاس منفردين في التربة ذات المحتوى المتدني من كربونات الكالسيوم (التربةS_1).

كلمات المفاتيح: تربة كلسية، زنك، نحاس، تسميد عضوي، سبانخ، خس، مادة جافة، البكتريا غير ذاتية التغذية، البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني، اكتينومايسيتات، فطريات، تنفس التربة.

1. المقدمة Introduction

من المفاهيم المختلفة للتربة هو مفهومها كوسط لنمو النبات، وتزداد أهمية هذا المفهوم يوماً بعد يوم كلما استمر تعداد سكان العالم في الازدياد، فالتفتت الأنظار إلى الزراعة بعد تدهور التربة واهتم العلماء بعلومها أملاً في تطويرها.

كثيراً ما يرتبط عدم الاستقرار الاجتماعي بمشكلات عدد السكان وإنتاج الغذاء ويوفر هذا أساساً للاهتمام بالإمكانات المتاحة لتزويد معظم سكان العالم بغذاء كافٍ.

كانت العناصر الغذائية في الأنظمة الزراعية القديمة تعود للتربة بمعدلٍ عالٍ من تغذية الحيوانات على نباتات المراعي، ومعظم فقد العناصر الغذائية كان مقتصراً على الفقد بالغسل. وعند بداية ظهور الصناعة أصبحت العناصر الغذائية تتناقص في التربة بصورة متزايدة، سواءً على شكل محاصيل نباتية أو نواتج حيوانية لتلبية الحاجة الغذائية للسكان. فأصبح لدراسة العناصر الغذائية أهمية خاصة بالنسبة للإنسان إذ أنها ترتبط بالمنتجات الأساسية التي توفر الغذاء المناسب له، فبدأت دراسة التغذية المعدنية من قبل العديد من الباحثين لمعرفة العناصر الضرورية للنبات وتتالت اكتشافات ضرورة هذه العناصر للنباتات مع تقدم التقنيات الحديثة في البحث العلمي، فقد تم مثلاً اكتشاف ضرورة عنصر الزنك عام 1926 من قبل Sommer and Lipman، وعنصر النحاس عام 1931 من قبل Lipman and Mackinney (Marchner, 1995). ورغم أن ازدياد أسلوب الزراعة المكثفة، وتحسن الوسائل المستعملة في الزراعة أدى إلى زيادة الإنتاج، إلا أنه أدى أيضاً إلى تراكم كثير من العناصر المعدنية في التربة كعنصري الزنك والنحاس، وازداد تراكم هذه العناصر في التربة دون النظر إلى الآثار الجانبية التي قد تسببها بتأثير مباشر أو غير مباشر في كائنات التربة الحية، فمنذ أواسط عام 1980 عاد استخدام المركبات النحاسية العلاجية بسبب الإهمال الذي أدى إلى ظهور عدد من الأمراض المنسية لأكثر من قرن (Cluzeau, 1993)، علاوة على ذلك أن هناك بعض المبيدات الفطرية النحاسية بقيت مسموحة في الزراعة العضوية (Rousseau, 1995). فالاستخدام المتكرر للمبيدات يؤدي إلى تراكم النحاس في الطبقات السطحية للتربة، مؤدياً إلى تضاعف المحتوى الطبيعي للتربة بمقدار 10-100 مرة، وإن تراكيز من 200-1000 $mg.kg^{-1}$ لوحظ في كثير من الأحيان (Delas, 1963; Flores-Velez *et al.*, 1996). إن أغلب المعادن تميل إلى البقاء في الطبقة السطحية للتربة في الترب الكلسية (Mc Laren et

Crawford, 1973; Kuo *et al*., 1983; Miller *et al*., 1986; Planquart *et al*.,1999). كما أظهر (Mullin *et al*., 1982) أن حركية الزنك والنحاس المضافين على شكل سلفات لمدة 15 عام، تهمل عند pH=6-7 مع مستويات منخفضة من المادة العضوية. وعلى اعتبار المادة العضوية تعد بمثابة دم الحياة في التربة فهي تلعب دوراً هاماً في علاقة العناصر المعدنية بكائنات التربة.

2. الدراسة المرجعية Étude bibliographique

1.2. العناصر المغذية الصغرى Les oligo-éléments

وصِفَت التربة بأنها الجسر الواصل بين الحياة واللاحياة. كما وصف Peter Farb في (فوث، 1955) بعض الأوجه الغامضة للتربة قائلاً: إننا نعيش على قمم سقف عالم خفي علينا، فتحت سطح التربة ترقد أرض السحر والغموض، وقد ارتبطت كثير من تساؤلات الإنسان عن الحياة نفسها بالتربة، والتربة تسكنها مخلوقات غريبة عثرت على طرق للبقاء في دنيا تخلو من ضوء الشمس، وكونت إمبراطورية تثبِّت حدودها بواسطة حوائط ترابية.

يمكن أن تعرّف التربة بأنها الطبقة الخارجية لسطح الأرض، وهي متغيرة الخواص والعناصر، ومتكونة من ثلاثة أقسام رئيسية هي: الطور الصلب والسائل والغازي، والأطوار الثلاثة تؤثر بصورة خاصة في تجهيز كائنات التربة –النباتية منها والميكروبية- بالعناصر الغذائية (النعيمي، 1984).

وتعتبر التربة الوسط البيئي الملائم لنمو الكائنات الحية الدقيقة فقد قدر بعض الباحثين أن 0.1% من حجم التربة عبارة عن ميكروبات (محمود وآخرون، 1988).

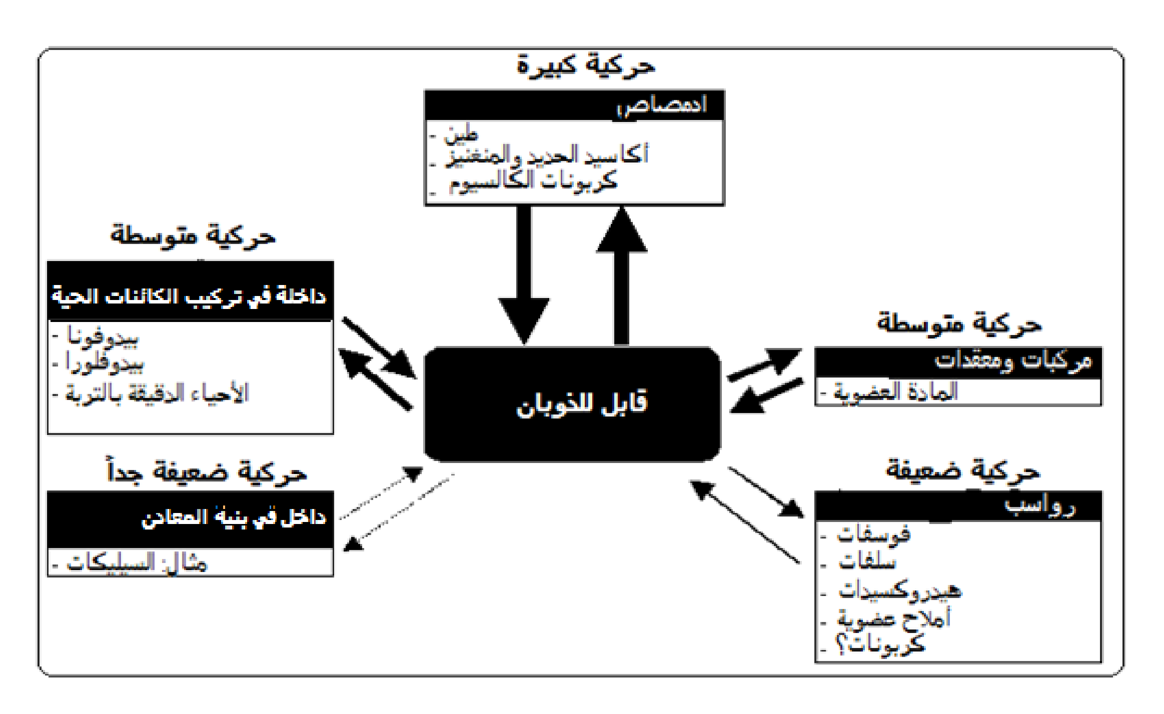
منذ أن بدأ الإنسان بزراعة النباتات كان معروفاً بأن الترب تختلف بصورة كبيرة من حيث خصوبتها، وإن معرفة العوامل الأساسية التي تقع تحت تأثيرها خصوبة التربة أو مقدرتها لإنتاج أحسن نمو للنبات كانت من الأشياء المرغوب بحثها لزمن طويل، وحديثاً وبصورة نسبية فقد تولدت أدلة على أن خصوبة التربة تعتمد على الصفات الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة، وأن النبات يحصل على معظم المواد الداخلة في تركيبه الكيميائي من التربة وإن أحد مؤشرات خصوبة التربة هو محتوى النبات من العناصر الغذائية التي كانت موجودة في التربة (النعيمي، 1984). أظهر التحليل الكيميائي وجود أكثر من 60 عنصراً في أنسجة النباتات المختلفة (الجلا، 2003). إلا أن العناصر الغذائية الضرورية التي يحتاجها النبات الأخضر مقتصرة على العناصر ذات الطبيعة اللاعضوية (Inorganic nature) ففي هذه الحالة يختلف النبات الأخضر أساساً عن الكائنات الأخرى بما فيها الكائنات الحية الدقيقة التي تحتاج بالإضافة إلى العناصر غير العضوية مركبات عضوية كمادة غذائية ومصدر للطاقة (النعيمي، 1984).

والعنصر الضروري للنبات هو العنصر الذي يحتاج إليه في دورة حياته الاعتيادية، ووظيفته لا يمكن أن تعوض بعنصر كيميائي آخر، بالإضافة إلى ذلك يجب أن يدخل ذلك العنصر مباشرةً في تغذية النبات ومثال على ذلك يكون جزءاً يدخل في عملية البناء أو يحتاجه النبات في عمل الإنزيمات الضرورية لعملية البناء. اعتماداً على هذا التعريف الذي وضعه (Arnon and Stout, 1939) فالعناصر الكيميائية التالية تعرف الآن بالعناصر الضرورية للنبات، ومن أجل التيسير اعتاد العلماء أن يقسموا هذه العناصر إلى مجموعتين كبرى (Macronutrients). وصغرى (Micronutrients) وقد تسمى هذه المجموعة، أيضاً، باسم Trace elements (Les éléments-traces métalliques (ÉTM)). وما هذا التقسيم إلا نتيجة الاحتياج النباتي منها (الجلا، 2003).

ويصنف تواجد العنصر الغذائي الأساسي في النبات في أحد المستويات التالية: مستوى النقص Deficient level، والمستوى الحرج Critical level، والمستوى الكافي Sufficient level، والمستوى السام Toxic level. ويعرف بعض الباحثين المستوى أو التركيز الحرج بأنه تركيز العنصر بالنبات الذي يلزم للحصول على 90-95 % من أعلى إنتاجية (بلبع، 1998)، وهو المستوى الذي إذا انخفض التركيز عنه يستجيب النبات لإضافة العنصر (الجلا، 2003).

إن كثيراً من العناصر المعدنية تكون في صورة غير ذائبة في التربة، فيلعب النشاط البيولوجي للميكروبات دوراً في تحولها إلى صورة ذائبة، من خلال معدنتها (Mineralization) (مشهور وآخرون، 2000) فقد بين (Thompson *et al.*, 1954) أن النشاط الميكروبي يزيد من معدنة الفوسفور العضوي. وأن حالة الأكسدة التي توجد فيها أيونات العنصر المعدني تحدد طبيعة التفاعل الحيوي لهذا العنصر، فهي تعطي مدى واسعاً للكائنات الحية الدقيقة لامتصاص العنصر المعدني بمختلف صور الحالات التأكسدية التي يوجد عليها (ابن صادق، 2001).

توجد العناصر المغذية في التربة في صور كيميائية مختلفة، فقد تكون ذائبة في محلول التربة، أو مدمصة في صورة قابلة للتبادل على الغرويات المعدنية والعضوية، أو مثبتة في صورة لا يمكن الاستفادة منها مباشرةً، ولكن يوجد حالة من الاتزان الديناميكي بين هذه الصور فيتم تعويض ما يأخذه النبات من المحلول الأرضي من الصور الأخرى غير الميسرة (الجلا، 2003). يوضح الشكل التالي حركية العناصر الصغرى في التربة:



الشكل (**1.2**.). حركية العناصر الصغرى في التربة (**Juste, 1995**)

مصادر العناصر الصغرى في التربة:

يبين (Perrono, 1999) أن التربة تستمد محتواها من العناصر الصغرى من المصادر التالية:

1. من مصدر جيوكيميائي: تستمد التربة العناصر المغذية الصغرى من الصخرة الأم التي شكلتها، فعلى سبيل المثال يكون محتوى الترب المتشكلة على رمال الكوارتز من النحاس أقل من ($5mg\ Cu.kg^{-1}$) عادةً بينما يتراوح المحتوى من هذا العنصر بين ($25\text{-}50\ mg\ Cu.kg^{-1}$) في الترب المتشكلة على رواسب الحجر الكلسي (Calcaires).

وفي دراسة لـِ (Pallier, 1992) أجريت على 333 عينة تربة في شمال شرق فرنسا تبين أن محتوى الترب من النيكل كان عالياً في الترب المتشكلة على صخور أم مارلية أو كلسية (Les roches-mères marneuses ou calcaires).

2. من الترسبات الجوية: سواء الناتجة عن النشاط الصناعي أو حركة وسائل النقل (وهذا المصدر جوهري في المناطق الحضرية)، بالإضافة إلى التعرية الريحية وفوران البراكين.
3. المدخلات الصناعية: ويندرج تحتها:

a. المواد المخصبة: متمثلة بِـ: الأسمدة، والمصلحات، جميع المنتجات الأخرى التي تستخدم لتحسين تغذية النبات والخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو الحيوية للتربة، وبعض المنتجات الناتجة عن المنتجات في الفئات السابقة، والأوساط الزراعية.

b. مبيدات الآفات: تشكل العناصر الصغرى مكوناً أساسياً للعديد من مبيدات الآفات للمسببات المرضية، ووفقاً لِـ (Robert et Juste, 1997) فإن متوسط محتوى الأفق السطحي لتربة مزروعة بالكرمة من النحاس يتراوح ما بين $80\text{-}500\ mg\ Cu.kg^{-1}$.

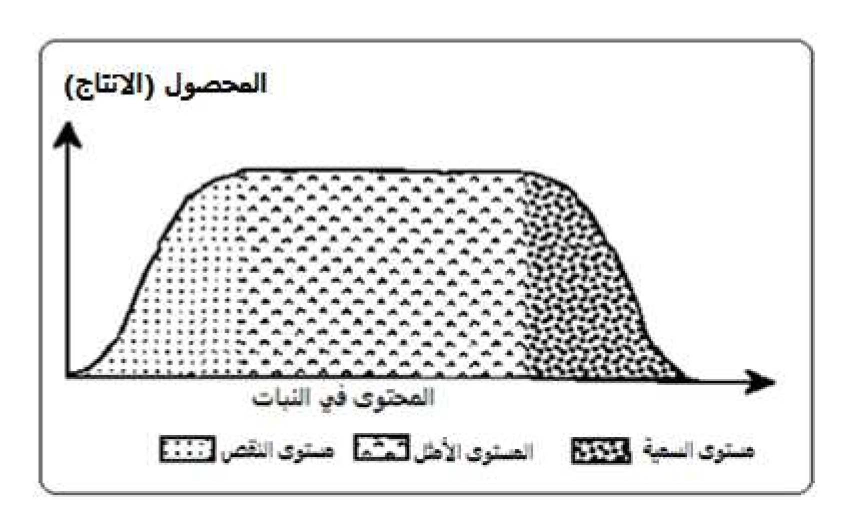
c. النفايات الصلبة والحمأة.

والمصادر المختلفة التي تؤدي إلى تخصيب التربة بعنصري الزنك والنحاس موضحة في الجدول (1.2.):

الجدول (**1.2**.): مساهمة المصادر المختلفة في إغناء التربة بعنصري الزنك والنحاس (Feix et Wiart, 1998)

المصدر	العنصر	
	Cu	**Zn**
مخلفات زراعية	55%	61%
مخلفات حضرية	28%	20%
أسمدة	1%	1%
ترسبات جوية	16%	18%

وبناءً على ما جاء في (Shallari, 1997) تساهم العناصر الضرورية لحياة النبات بتراكيز منخفضة في العمليات الاستقلابية، لكن يمكن أن تكون سامة إذا كانت بتراكيز عالية، كما هو موضح بالشكل التالي:



الشكل (**2.2**.). العلاقة بين إنتاج المحصول ومحتوى النبات من العناصر الصغرى

فالترب المحتوية على تراكيز عالية من هذه العناصر تحد من تنوع الغطاء النباتي المزروع فيها، فلا ينمو بها إلا بعض الأنواع النباتية والتي يبدو أنها تأقلمت مع وفرة هذه العناصر. ومن أمثلة التأقلمات البيئية، أن بعض النباتات تستطيع مقاومة السمية الناجمة عن وفرة بعض العناصر عن طريق تكوين مركبات مخلبية لذلك العنصر مع بعض الببتيدات البسيطة والتي يطلق عليها "المخلبيات النباتية Phytochelatins " حيث تتصف بغناها بالحمض الأميني السيستين Cysteine الذي يدخل في تركيبه الكبريت الذي يساهم في ربط العنصر السام عن طريق مجموعة السلفهيدريل (SH-) . وتعد هذه وسيلة لتأقلم النبات مع وفرة المعدن الثقيل، وهي بذلك تشبه المركبات البروتينية المعدنية metallothionein الموجودة في الإنسان والحيوانات الأخرى (Rauser, 1990) في (الوهيبي، 1999). ومثال على بعض النباتات التي تراكم بعض العناصر الثقيلة بكميات كبيرة نبات يعرف باسم "حزاز النحاس *Merceya Latifola*". ولقد شوهدت أعراض سمية الزنك على بعض نباتات محاصيل الحبوب في انكلترا في الترب الكلسية (Wallace and Hewitt, 1946)، أما سمية النحاس فقد لوحظت في مستنقعات البيت Peat متعادلة الرقم الهيدروجيني (الوهيبي، 1999).

يمكن التقليل من سمية بعض العناصر كالزنك والنحاس من خلال عملية الخلب chelation للعناصر الغذائية بواسطة المواد الدبالية في التربة، كما تعمل السعة التنظيمية للتربة Soil Buffering Capacity على إيجاد حالة اتزان بين العناصر الغذائية والتغلب على مشكلات زيادة التركيز السام لبعض العناصر (الجلا، 2003).

كما أن للكائنات الحية الدقيقة ارتباط وثيق بالظروف البيئية المحيطة بها، حيث أنها تؤدي من جهة إلى نشوء كائنات حية دقيقة ذات صفات وخصائص تلائم الوضع الجديد للاستفادة منه، وهذا يمثل بالفعل الواقع العملي حيث أمكن ملاحظة أن هناك بعض الكائنات الحية الدقيقة تستطيع مقاومة التراكيز العالية من العناصر المعدنية، وبالتالي تلعب دوراً مهماً في التوازن البيئي، ومن جهة أخرى يمكن أن تحصل آثار ضارة على بعض العمليات الحيوية للكائن الحي الدقيق عند زيادة تركيز العناصر المعدنية الضرورية أو بعض المعادن الثقيلة (Heavy metals) (ابن صادق، 2001). وهذه الآثار الضارة أو السمية عائدة إلى تشابه الشحنة الكهربائية للمعادن الثقيلة هذه، مع العناصر الضرورية اللازمة للنمو، مما يعيق ميكانيكية انتقال بعض العناصر الأساسية إلى داخل خلايا الكائنات الحية –أو قد تتداخل مع المرافقات الإنزيمية- مما يؤثر في عمل الإنزيمات المختلفة، أو قد تحل محل بعض العناصر في التحولات

الاستقلابية المختلفة (السراني وآخرون، 2005). وبناءً على ما جاء به (Gadd, 1992) فإن هناك العديد من المعادن الثقيلة التي تستطيع أن تتداخل مع البروتوبلازم الخلوي للكائنات الحية الدقيقة، كما تستطيع الكائنات الحية الدقيقة تركيز ومراكمة العناصر المعدنية باستخدام طرائق إنزيمية وغير إنزيمية.

كما أن للمعادن الثقيلة في التربة تأثير مباشر في الاتزان الميكروبي فيها (للتربة) (Microbial equilibrium) لأن الكائنات الحية الدقيقة تشترك مع بعضها في علاقات خاصة يحكمها الاتزان والمحتوى الميكروبي والذي يساهم بدرجة كبيرة في التحكم في مدى توفر العناصر الضرورية واللازمة للنمو الميكروبي، فوجود المعادن الثقيلة بكميات أعلى من التركيز الملائم للنمو يؤدي بلا شك إلى حدوث العديد من التداخلات والتعقيدات الميكروبية في الوسط البيئي، وتعد تلك العلاقات تحت الظروف البيئية العادية علاقات مهمة تقوم بها الكائنات الحية الدقيقة دون إحداث أو إلحاق أضرار بالكائنات الحية الأخرى. إلا أنه وعند زيادة تركيز بعض هذه المعادن الثقيلة فإن تلك العلاقات سوف تتحول إلى علاقات غير مرغوب بها وهذا يؤدي إلى حدوث بعض التغيرات في النشاط الميكروبي، بالإضافة إلى أن بعض الكائنات الحية الدقيقة سوف تقوم بإفراز بعض المركبات للتخلص من الآثار الضارة للمعادن السامة والتي سوف تؤثر في الوقت نفسه بشكل مباشر في الاتزان الميكروبي وجذور النباتات التي تنمو في الوسط البيئي نفسه (ابن صادق، 2001).

لقد فرض انعدام البلاستيدات الخضراء على الكائنات الفطرية والغالبية العظمى من البكتيريا وجوداً رمياً أو طفيلياً (السهيلي، 1980)، فهي كرميات تفسخ وتحلل البقايا المعقدة للنبات والحيوان في التربة مفككة إياها إلى أشكال أبسط يمكن امتصاصها من قبل الأجيال الأخرى من النباتات، وبدون عملية التحلل الرئيسة هذه سيتوقف في النهاية نمو النبات والذي تعتمد عليه الحياة نتيجة لفقدان المواد الأولية (السهيلي، 1980)، فعملية التحلل هذه لا غنى عنها لاستمرار الحياة (مشهور وآخرون، 2000).

وبما أن الكائنات الحية الدقيقة تمتاز بمعدلات عالية في نموها (السراني وآخرون، 2005)، فإنها تلعب دوراً رئيساً في التحولات المختلفة للمادة العضوية في التربة، فهي المسؤولة وبدرجة كبيرة عن جميع عمليات التحلل التي تحدث لتوفير الطاقة اللازمة للنمو وإنتاج المواد اللازمة لتكوين الخلايا الميكروبية الجديدة (ابن صادق، 2001).

ويصاحب تحلل المادة العضوية تخصص للكائنات الحية الدقيقة المحللة لتلك المركبات العضوية المختلفة، وتعد الفطريات من أكثر الكائنات الحية الدقيقة كفاءة في تمثيل الكربون العضوي تحت الظروف الهوائية فتمثل 30-40 % من كربون المادة العضوية، أما البكتريا تحت الظروف الهوائية فتمثل 5-10 % والبكتريا اللاهوائية فتمثل فقط 2-5 % من كربون المادة العضوية (محمود وآخرون، 1988)، ومن أمثلة هذه الكائنات الحية الدقيقة تلك التابعة لأجناس *Bacillus, Fusarium, Pencillium, Flavobacterium*. ومن أهم الكائنات الحية الدقيقة القادرة على تحليل المركبات النتروجينية العضوية تلك التابعة لأجناس *Pseudomonas, Clostridium, Aspergillus, Streptomyces*، ومن الكائنات النشطة في تحلل السيليلوز بعض الأجناس البكتيرية مثل: *Bacillus, Cytophaga* ومن الأجناس الفطرية *Fusarium, Aspergillus* ومن الاكتينومايسيتات *Micromonospora, Streptomyces* ، ومن الميكروبات التي تستخدم الهيميسيليلوز لنموها وأنشطتها الحيوية أنواع من البكتريا تابعة لجنس *Pseudomonas* وأنواع من الفطريات تابعة لجنس *Pencilium* ، أما تحلل الليغنين والسكريات العديدة فيحدث في التربة ببطء شديد، وهذا يؤدي إلى حدوث تغيرات عديدة في الوسط البيئي (الكسندر، 1982).

وعليه إن للتحولات المختلفة التي تقوم بها الكائنات الحية الدقيقة آثار كبيرة، تجعل هذه الكائنات قادرة على تمثيل العناصر المعدنية، وتوظيفها في الأنشطة الحيوية المختلفة لخلاياها وإتاحتها بصورة صالحة لتغذية النباتات، إذ أن العناصر الغذائية في الصورة العضوية غير ملائمة عادةً لتغذية النباتات (مشهور وآخرون، 2000). ومن الجدير بالذكر أن تيسر عنصري الزنك والنحاس مرتبط بالنشاط الميكروبي للتربة (الجلا، 2003). كما أن نظم التسميد لمدة طويلة له تأثير واضح في كل من نشاط وتركيب مجتمعات التربة (Enwall *et al.*, 2007).

والتأثير غير المباشر لتحلل ومعدنة المادة العضوية في التربة يكمن في تأثير الدبال أو المواد الوسطية في مجمل خواص التربة الحيوية والفيزيائية والكيميائية مما ينعكس على نمو النبات (فارس، 1992).

ويكمن هذا التأثير في التالي حسب (فارس، 1992؛ الدومي وآخرون، 1995؛ الجلا، 2003):

يزيد الدبال من السعة التبادلية الكاتيونية للتربة، حيث تتمتع الغرويات الدبالية بسعة ادمصاص عالية فهي تتراوح بين 350-700 ميلي مكافئ/100 غرام، أي أنها أكبر بنحو

4-3 أضعاف السعة التبادلية لفلزات المونتموريونيت والفيرميكيوليت، وبنحو 30-70 ضعف السعة التبادلية لطين الكاوولينيت، وبذلك يزيد من ادمصاص الكاتيونات الضرورية للنبات في شكل متيسر للنبات.كما يرفع الدبال من قدرة التربة التنظيمية على مقاومة التغيرات السريعة التي تنتج بسبب زيادة الحموضة أو القلوية. وتعد المواد الدبالية المخزن الاحتياطي الدائم للعناصر الغذائية التي يحتاجها النبات والكائن الحي الدقيق في التربة، عن طريق تحريرها التدريجي المنتظم والمستمر في الظروف الحيوية المناسبة. كما أنها ترفع بشكل ملحوظ من درجة النشاط الحيوي في التربة، وبخاصة عند بداية كل إضافة للمادة العضوية، وما يرافق ذلك من تنشيط للعمليات الحيوية في الريزوسفير، كتثبيت النتروجين الجوي، وزيادة المفرزات الجذرية، وحث النشاط الإنزيمي. وتزيد المواد الدبالية القدرة التخزينية للتربة من الماء الكلي والمتيسر للنبات، وتقلل من التغيرات الحادة في درجات الحرارة كما أنها تخفف من الكثافة الظاهرية للتربة. وتزيد من تماسك بناء الترب وتجمعاتها الحبيبية في الخفيفة منها، كما أنها تحسن من نظامها المائي، وعلى العكس من ذلك فهي تخفف من التماسك الكبير وضعف النفاذية للترب الثقيلة وتحسن من نظامها الهوائي. كما تزيد هذه المواد الدبالية من تيسر العناصر الصغرى الضرورية على مدى واسع من الرقم الهيدروجيني.

إن حالة العناصر الغذائية وسلوكها داخل التربة تعتمد على صفات التربة، فقد وجد (Covelo *et al.*, 2004) عند دراسة الآفاق السطحية للتربة أن الفروقات في ادمصاص التربة يعود إلى الخصائص الأساسية لهذه التربة التي تؤثر في القدرة الادمصاصية للمعادن وحركيتها، وإن الادمصاص الأقل للمعادن ترافق مع أقل محتوى من الأكاسيد والمادة العضوية، كما وجد أن لخصائص التربة أكثر تأثيراً في القدرة الادمصاصية للمعادن من الخصائص الأساسية للأيونات المعدنية. كما وجد (Bahmanyar, 2008) علاقة ارتباط إيجابية بين النحاس القابل للإفادة وسعة التبادل الكاتيوني للتربة، بينما لم توجد علاقة بين محتوى التربة من الطين وعنصري الزنك والنحاس في التربة ولكن تبين أنهما ازدادا في الأنسجة النباتية.

أظهرت نتائج (Li *et al.*, 2005) أن زيادة pH التربة أو إضافة الكلس للتربة تؤدي إلى انخفاض جاهزية المعادن الثقيلة في التربة. كما أظهرت وجود علاقة وثيقة جداً بين تركيز المعادن الثقيلة (Zn, Cu) ومحتوى التربة من الطين. كما بينت نتائج (Moral *et al.*, 2002) بأن لنسيج التربة الكلسية المعاملة بالحمأة تأثير في جاهزية العناصر الصغرى وتجلى ذلك

بزيادة الكمية القابلة للإفادة في التربة اللومية-الطينية مقارنة بالتربة اللومية-الطينية-الرملية. وعند مقارنة سمية النحاس في تربة رملية حمراء red sandy soil مع سميته في تربة طينية حمراء red clayey soil تبين أن للتربة الرملية الحمراء تأثير سام في الكتلة الميكروبية الحية أعلى من التربة الطينية الحمراء وقد عزى (Yao *et al.*, 2006) ذلك إلى الاختلاف في نسيج التربة وسعة التبادل الكاتيوني في كلا التربتين. وبينت نتائج (Broos *et al.*, 2007) أن ارتفاع سعة التبادل الكاتيوني والنسبة المئوية للطين أديا إلى خفض سمية كل من الزنك والنحاس بالنسبة لعملية النترجة، بينما لم يكن هناك تأثير لتغير pH التربة نتيجة الإضافات المتزايدة من الزنك والنحاس في تنفس التربة نفسها. وحسب ما جاء به (النعيمي، 1984) فإن زيادة نسبة الطين في التربة تترافق بزيادة مساحة السطوح الكلية لحبيبات التربة، وهذا يعني أن التربة الغنية بمعادن الطين هي أكثر قدرة على امتصاص الماء وادمصاص الكاتيونات، وبهذا فإنها تتصف بسعة تبادلية كاتيونية عالية، ومقدرة عالية على الاحتفاظ بالماء مقارنة بالترب الفقيرة بالطين. وقد يؤدي ادمصاص بعض معادن الطين كالمونتموريونيت للماء إلى انتفاخ التربة بينما يؤدي الجفاف إلى انكماش التربة وتشققها، وبالرغم من احتواء هذه التربة على كمية عالية من العناصر الغذائية إلا أن تركيبها الضعيف غير الجيد يحدد من قابليتها الإنتاجية بسبب صعوبة التعامل معها. كما يلاحظ أيضاً انخفاض نشاط الإنزيمات الخارجية التي تفرزها الأحياء الدقيقة في هذه الترب، التي تهيئ السطوح المناسبة لادمصاص هذه الإنزيمات فتثبطها، أو تؤدي إلى ادمصاص السكريات التي تعمل عليها تلك الإنزيمات، فتحول دون تفككها (فارس، 1992).

وبينت دراسة لـِ (Toribio and Romanyà, 2006) أن تركيز عنصري الزنك والنحاس في التربة يعتمد على خصائص التربة وعلى نوعية المادة العضوية المضافة إليها، كما أظهرت هذه الدراسة أن الترب القلوية ذات المحتوى المرتفع من الطين، ذات السعة الأعلى لاحتجاز هذين العنصرين، بينما كانت قيم سعة احتجازهما في الترب الحامضية ذات المحتوى المنخفض من الطين هي الأدنى. وكانت حركية الزنك مرتفعة إلى حدٍ ما وخصوصاً في الترب الحامضية. كما تبين لهذين الباحثين أن المادة العضوية أدت إلى الاحتفاظ بعنصري الزنك والنحاس وصعوبة غسلهما من محلول التربة.

تطرح أحياء التربة عموماً وبخاصة الأحياء الدقيقة والجذور النباتية كميات كبيرة من CO_2، ونظراً إلى وجود غاز CO_2 بصورة دائمة في الطور الغازي للتربة، فانه يُسهم بشكل فعال في

الحد من تركيز العديد من الكاتيونات في محلول التربة، إذ أن أكثر الكاتيونات وفرة في التربة والأكثر نصيباً في تكوين الكربونات الأقل ذوباناً هو الكالسيوم، وتبعاً لذلك نجد أن معظم الترب تحتوي على كربونات الكالسيوم (فارس، 1992)، وتختلف الترب بصورة كبيرة في محتواها من الكالسيوم وذلك اعتماداً على مادة الأصل وعلى الدرجة التي تأثرت بها عملية تكون التربة بالتجوية والغسل، حيث تعد كربونات الكالسيوم ذات أهمية خاصة في الترب الكلسية وهي تتواجد عادةً على شكل $CaCO_3$ (Calcite) أو $CaCO_3.MgCO_3$ (Dolomite) (النعيمي، 1984). وفي الترب الغنية بكربونات الكالسيوم يكون معقد الادمصاص مشبعاً أو قريباً من التشبع بأيونات الكالسيوم، وينعكس ذلك على مجمل خواص التربة (فارس، 1992).

وتكون الترب الكلسية عادةً غنية بالعناصر الغذائية، وإن مستوى ذوبان المعادن الثقيلة فيها منخفض بالإضافة إلى أن نشاط بكتريا عملية التأزت وعملية تثبيت النتروجين يكون عالياً (النعيمي، 1984). وفي دراسة لـ (Heitholt *et al.*, 2002) بينت أن زيادة مستويات الزنك والنحاس والمنغنيز (المضافة على شكل سلفات) لم تؤدِ لانخفاض في نمو نبات الفاصولياء في تربة كلسية شمال تكساس.

ومن الجدير بالذكر أن بعض الكائنات الحية الدقيقة تقوم بتحليل كربونات الكالسيوم للاستفادة منها كمصدر للطاقة منها: *Proteus vulgaris*, *Bacillus salinus*, *Actinomyces albus* (الكسندر، 1982).

2.2. الزنك في نظام تربة – نبات Le zinc dans le système sol-plante

1.2.2. الزنك في التربة Le zinc dans le sol

إن معدل ما تحتويه القشرة الأرضية من الزنك يقرب من $80\ mgZn.kg^{-1}$ (Goldschmidt, 1954). وفي التربة يوجد عادةً بين $10\text{-}300\ mg.kg^{-1}$ حسب (Klara, 1998) ويكون موجوداً في المعادن المختلفة لهذه التربة. ويعود محتوى التربة من الزنك في مصدره أساساً إلى المادة الأم (parent material) المكونة للتربة. فالترب الناشئة عن الصخور النارية القاعدية تكون عالية في محتواها من الزنك، وعكس ذلك الترب الناشئة من المواد الأولية الحاوية على السيليكات حيث يكون محتواها من الزنك قليلاً.

يوجد الزنك بشكل رئيسي في المعادن الكبريتيدية والسيليكاتية كما يوجد في صورة كربونات. ويعد معدن الهيميمورفيت hemimorphite $[Zn_4(COH)_2Si_2O_7.H_2O]$ الصورة الشائعة لسيليكات الزنك (الدومي وآخرون، 1995). وباعتبار أن نصف القطر الأيوني للزنك Zn^{+2} يكون مشابهاً بصورة كبيرة لأنصاف أقطار Fe^{2+} و Mg^{2+} لهذا -وإلى مدى معين- يمكن أن يحل الزنك مكان هذه الايونات من خلال عملية الإحلال المتماثل (Isomorphous substitution) في تراكيب بعض المعادن وبصورة خاصة معادن المغنيزيوم الحديدية مثل Augite والـ hornblende والـ biotite. وبالإضافة إلى ذلك يكّون الزنك عدداً من الأملاح وتضم هذه الأملاح ZnS و Sphalerite (ZnFe)S و (Zincite) ZnO و (Smitsonite) $ZnCO_3$. جزء من ZnS قد يوجد تحت ظروف مختزلة، بينما أكثر الأملاح الأخرى تكون كثيرة الذوبان ولا تبقى لفترة زمنية طويلة (Lindsay, 1972). إن سيليكات الزنك $ZnSiO_3$ و $ZnSiO_4$ (Willemite) توجد أيضاً في بعض الترب. ومن الجدير بالذكر أن أكثر من 90 % من مجموع الزنك الموجود في التربة يكون في تركيب فلزاتها المعدنية بشكل غير قابل للذوبان (النعيمي، 1984؛ زيدان وآخرون، 1993).

يعد تركيز الزنك في محلول التربة منخفضاً جداً وهو في حدود 2-200 ميكروغرام/ لتر. وأشار (Lindsay, 1972) بأن زنك محلول التربة يشمل عدة أنواع أيونية توجد في حالة اتزان مع زنك الطور الصلب للتربة، وتشتمل هذه الايونات: Zn^{2+}, $(ZnOH)^+$, $(ZnHCO_3)^+$, $[Zn(OH)_3]^-$, $(ZnCl)^-$, $(ZnCl_4)^{2-}$, $(ZnO_2)^{2-}$, $[Zn(OH)_4]^{2-}$ (الدومي وآخرون، 1995؛ عودة وشمشم، 2008).

بالإضافة إلى وجود الزنك في المعادن الأولية فإنه يوجد أيضاً على سطوح التبادل لمعادن الطين أو المادة العضوية ويقدر متوسط محتوى التربة من الزنك المتبادل بـ $0.1\text{-}2\ mg.kg^{-1}$، ويدمص الزنك على شكل Zn^{2+} و $(ZnOH)^+$ أو $(ZnCl)^+$. وقد يحل Zn^{2+} مكان Al^{3+} في شريحة ثمانيات الوجوه لفلزات الطين (النعيمي، 1984)، وعندها لا يكون قابل للتبادل مع كاتيونات أخرى وبالتالي غير قابل للامتصاص من قبل الجذور النباتية وأحياء التربة الدقيقة (زيدان وآخرون، 1993). وقد وجد (Latrille *et al.*, 2003) أن 7 % من الزنك الكلي مرتبط مع المادة العضوية والالوفان في حبيبات التربة التي تقل أبعادها عن 5 ميكرومتر وذلك في الأفق B من التربة.

يتفاعل الزنك مع المادة العضوية في التربة ويتكون من ذلك مركبات زنك عضوية بعضها ذائب وبعضها الآخر غير ذائب. ووجد (Bahmanyar, 2008) أن هناك علاقة ارتباط إيجابية بين المادة العضوية والزنك القابل للإفادة في التربة. وطبقاً لِـ (Hodgson *et al.*,1966) فإن 60% من الزنك الذائب في الترب يوجد في مركبات الزنك العضوية الذائبة. ولقد استنتج (Stevenson and Ardakani,1972) بأن مركبات الزنك العضوية الذائبة تتشكل بصورة رئيسة عند ارتباط الزنك مع الحموض الأمينية العضوية والحموض الفولفية Fulvic Acids، بينما مركبات الزنك العضوية غير الذائبة ناتجة عن ارتباط الزنك بالحموض الهيومية (Humic acids).

حظيت دراسة حركية الزنك والنحاس وفقدانهما من الترب الرملية باهتمام كبير من قبل (Zhang *et al.*, 2003) حيث بينت هذه الدراسة وجود علاقة ارتباط مابين هذين العنصرين المستخلصين من التربة بكلوريد الكالسيوم والتركيز المنحل منهما في ماء الجريان السطحي الناتج عن الهطول المطري. كما حظيت دراسة تأثير النبات في حركية الزنك والنحاس في قطاع التربة اهتمام (Zhao *et al.*, 2007) الذين وجدوا أن الكربون العضوي المنحل Dissolved Organic Carbon (DOC) وأيونات الزنك والنحاس كانت أكثر وضوحاً بوجود نبات الصفصاف (*Salix viminalis*) مقارنة مع غيابه. وأن حركية الزنك محكومة بالـ DOC ووجود الكالسيوم في نظام تربة- نبات وبالـ pH. بينما حركية النحاس تتعلق بالـ DOC سواء بوجود النبات أو بغيابه.

تتعلق جاهزية الزنك للنبات بدرجة كبيرة بـِ pH التربة (الشيخ حسن، 2003)، إذ تزداد الكميات المتاحة للنبات من هذا العنصر مع انخفاض pH التربة كما هو الحال في الترب الحامضية. وعلى العكس من ذلك يحدث عندما يرتفع pH التربة إذ تنخفض الكمية المتاحة من الزنك بشكل كبير نتيجة تشكل مركبات ضعيفة الذوبان مثل $ZnCO_3$ و $Zn(OH)_2$. وبناءً على ذلك فإن أي عامل يؤثر في خفض pH الترب الكلسية كاستخدام أسمدة ذات تأثير فيزيولوجي حامضي (مثل كبريتات الأمونيوم) من شأنه زيادة جاهزية الزنك، وبالعكس تؤدي إضافة الكلس للترب الحامضية إلى خفض محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة (عودة وشمشم، 2008) .

وكقاعدة عامة يتناقص ذوبان مركبات الزنك مع زيادة الرقم الهيدروجيني (الدومي وآخرون، 1995). كما وجد (Lindsay, 1972) أن نشاط أيونات الزنك Zn^{2+} يتناقص بحوالي

مئة مرة لكل ارتفاع قدره درجة واحدة في الرقم الهيدروجيني. عموماً لوحظ أن جاهزية الزنك للنبات تكون في أفضل حالاتها عندما يكون pH التربة مساوياً 6.5-5.5 (عودة وشمشم، 2008).

وبالإضافة إلى ما سبق، فقد لوحظ أنه عند رقم هيدروجيني أقل من 7.7 فإن الصورة السائدة من أيونات الزنك الذائبة هي Zn^{2+}، أما عند رقم هيدروجيني أعلى من ذلك فإن أيون $Zn(OH)^{+}$ هو السائد (الدومي وآخرون، 1995). كما أن pH التربة يؤثر في ارتباط الزنك مع المادة العضوية، حيث أشارت نتائج بعض الدراسات إلى أن ارتفاع pH التربة عن 6.5 يشجع على ارتباط أيونات الزنك Zn^{2+} مع المادة العضوية لتشكيل معقدات عضوية للزنك تزداد ثباتيتها مع ارتفاع pH التربة (عودة وشمشم، 2008).

ويمكن القول بأن نقص الزنك يمكن أن يحدث عند مستويات مختلفة للرقم الهيدروجيني للتربة، ولكنه أكثر شيوعاً عند ارتفاع قيمة الرقم الهيدروجيني خاصة عندما يصاحب ذلك انخفاض محتوى التربة من المادة العضوية (الدومي وآخرون، 1995). وجد (Hu *et al.*, 2007) بأن تركيز الزنك في التربة ارتبط بـ pH التربة، ووجد (Huszcza-Ciolkowska and Zawartka, 2003) أن علاقة الارتباط بين pH التربة والزنك علاقة سلبية. وبناءً على ما جاء فيه (Elalaoui, 2007) فإن انخفاض pH التربة من 6.5 إلى 5.3 يزيد من تمثيل الزنك في النبات 50 %. وأشار (Smolders *et al.*, 2004) إلى عدم وجود تأثير معنوي لـpH التربة في سمية الزنك بالنسبة للنشاط الميكروبيولوجي.

يمكن للزنك أن يُدمص على سطوح أكاسيد الحديد والألمنيوم، ومن الآليات المقترحة لذلك تشكُّل تركيب حلقي، يقود إلى احتفاظ نوعي أو غير عكوس بالزنك (في عودة وشمشم، 2008):

كما يمكن أن يدمص الزنك على سطوح فلزات الطين مثل البانتونيت Bantonite، والإيلليت Illite، والكاوولينيت Kaolinite. وتتعلق القدرة على ادمصاص الزنك عموماً بسعة التبادل الكاتيوني لفلز الطين ويكون الزنك المدمص على فلزات الطين قابلاً للتبادل، وبالتالي متاحاً

للنبات (عودة وشمشم، 2008). وقد أوضح العديد من الباحثين أن طين المونتموريونيت يستطيع ادمصاص الزنك فوق نطاق قيم السعة التبادلية الكاتيونية للتربة خاصةً عند رقم هيدروجيني قريب من التعادل أو قاعدي (الدومي وآخرون، 1995). ويعتقد أن ادمصاص الزنك بواسطة الكربونات، أو ترسبه على شكل $Zn(OH)_2$ أو $ZnCO_3$ مسؤول ولو جزئياً عن عدم جاهزية الزنك في الترب الكلسية. وتختلف شدة ادمصاص الزنك تبعاً لنوع الفلز الكربوناتي، حيث يكون الادمصاص قوياً على المغنيزيت، ومتوسطاً على الدولوميت، وضعيفاً على الكالسيت. ويبدو أن الزنك يدمص داخل السطوح البلورية للمغنيزيت والدولوميت في أماكن يشغلها المغنيزيوم عادةً (عودة وشمشم، 2008).

تؤثر المادة العضوية في جاهزية الزنك من خلال المركبات المخلبية المتشكلة معها، وهذه الأخيرة تختلف حسب المادة العضوية المتفاعلة مع الزنك، فإذا ارتبط الزنك مع الحموض الأمينية العضوية والحموض الفولفية تتكون مركبات ذائبة، بينما تكون مركبات الزنك غير ذائبة عند اشتراكها مع الحموض الهيومية (النعيمي، 1984). وقد يرتبط الزنك مع مركبات عضوية ذات أوزان جزيئية كبيرة مثل الليغنين فتتشكل معقدات عضوية للزنك شديدة الثباتية (عودة وشمشم، 2008). وفي دراسة على ترب مختلفة المحتوى من الزنك في بولندا، وجد (Loska *et al.*, 2005) أن الترب الحامضية ذات المحتوى المنخفض من الهيومات أظهرت ميلاً إلى نقص الزنك. إن لنوع المادة العضوية تأثير في محتوى النبات من الزنك، فقد وجد (Simon, 2005) أن ارتفاع محتوى المجموع الخضري لنبات الفستوكا (*Fustuca rubra*) من الزنك أعلى بـ 4.5 مرة عند إضافة البيت Peat منه عند إضافة الحمأة أو الزيوليت. ووجد (Zhou *et al.*, 2005) أن للنوع السمادي المضاف للتربة تأثير في تركيز الزنك في التربة حيث كان تركيز الزنك المتاح الناتج عن سماد الخنزير أعلى من سماد الدجاج وسماد المجاري العضوية. وفي دراسة لـ (Gallardo-Lara *et al.*, 1999) في تربة كلسية ملوثة بالزنك والنحاس بينت أن إضافة السماد العضوي أدت لزيادة الزنك والنحاس في الخس.

تنخفض جاهزية الزنك في التربة بازدياد محتواها من الكربونات الكلية، كما بينت نتائج (Huszcza-Ciolkowska and Zawartka, 2003) أن زيادة كربونات الكالسيوم أدت لانخفاض محتوى التربة من الزنك عند 7.4 pH، ويعزى ذلك إلى تأثير كربونات الكالسيوم والمغنيزيوم في رفع pH التربة من جهة، وإلى ادمصاص الزنك على السطوح الخارجية لهذه الكربونات وإحلال الزنك مكان المغنيزيوم في السطوح البلورية للمغنيزيت والدولوميت من

جهة أخرى (عودة وشمشم، 2008). كما بينت نتائج (Pedra *et al.*, 2006) أن الزنك يميل للارتباط مع الكربونات أكثر من المادة العضوية وأكاسيد الحديد والمنغنيز.

كما أن لحجم حبيبات المركب الكيميائي المضاف تأثير في الجاهزية الحيوية (phytoavailability) للزنك، فقد بينت نتائج (Krishnamurit and Naidu, 2002) أن انخفاض حجم حبيبات مركبات الزنك والنحاس أدى إلى زيادة جاهزيتهما الحيوية وذلك في تربة نموذجية غير ملوثة في جنوب استراليا.

ولنسيج التربة تأثير في محتواها من الزنك، حيث تتصف الترب الخفيفة خشنة النسيج بانخفاض مقدرتها على الاحتفاظ بالزنك، ولهذا السبب كثيراً ما تعاني النباتات النامية في الترب الرملية من نقص الزنك. وعلى العكس من ذلك، تحتفظ التربة الطينية بالزنك متاحاً للنبات عن طريق ادمصاصه على السطوح الخارجية لفلزات الطين. ويمكن أن يدمص الزنك بشدة على سطوح بعض فلزات الطين كالفيرميكيوليت Vermiculite والطين المشبع بالمغنيزيوم Mg-saturated clay، مما يؤدي إلى تثبيته وتخفيض محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة تبعاً لذلك (عودة وشمشم، 2008). وبينت نتائج (Moral *et al.*, 2002) أن التربة اللومية-الطينية أدت إلى زيادة قابلية الزنك للإفادة مقارنة بالتربة اللومية-الطينية-الرملية.

إن تداخل هذا العنصر مع بعض العناصر الأخرى مثل Cu, P, N, Ca, Mg يؤثر في امتصاص النبات لهذا العنصر(Kabata-Pendias and Pendias, 1985) .

دُرس التأثير المتبادل بين الزنك والفوسفور من قبل عدد من الباحثين، فوجدوا أن زيادة امتصاص الفوسفور تزيد من ظهور أعراض الزنك (الوهيبي، 1999)، وأما الأسباب الرئيسة التي أخذت بعين الاعتبار من قبل (Olsen, 1972) فهي: المعدل البطيء لانتقال الزنك من الجذور إلى أجزاء النبات العليا وتجمعه في الجذور أو قلة امتصاصه (Stuckenholtz *et al.*,1966)، وتأثير عامل التمديد (Dillution factor) في تركيز الزنك في الأجزاء العليا للنبات، والاضطراب الحيوي في خلايا النبات الناتج عن عدم التوازن بين الزنك والفوسفور. وورد أيضاً في (عودة وشمشم، 2008) بأن الفوسفور يشجع تشكيل معقدات بين البروتين والزنك غير متحركة، والنظريات التي وضحت بأن الزنك يصبح غير فعال في العمليات الحيوية بسبب ترسبه على شكل $Zn_3(PO_4)_2.4H_2O$ يمكن إهمالها حيث تبين أن درجة ذوبان هذا المركب (في النبات) ليست منخفضة إلى درجة يمكن أن تحدِث نقصاً للزنك.

أما **في التربة** وطبقاً لما جاء به (عودة وشمشم، 2008)، فإن زيادة تركيز الكالسيوم في التربة بفعل الإضافة الزائدة للأسمدة الفوسفاتية، قد يؤدي إلى إعاقة امتصاص الزنك تحت تأثير التضاد وترسب الزنك في التربة على شكل $Zn_3(PO_4)_2.4H_2O$ قليل الذوبان مما يؤدي إلى نقص الزنك القابل للإفادة في كثير من الترب (الوهيبي، 1999).

ودُرست العلاقة المتبادلة بين الزنك والحديد من قبل (Warnock, 1970) حيث تبين أن نبات الذرة الذي يكون محتواه من الزنك قليلاً بسبب زيادة الفوسفور، يحتوي على مستويات عالية من الحديد وكذلك المنغنيز ولكن بصورة أقل من الحديد، حيث يعتقد أن وجود تركيز عال من الحديد يعد عاملاً مساعد على سوء التغذية الفيزيولوجية للنبات بالزنك. وبين (Giordano *et al.*, 1974) بأن هناك تضاداً بين الحديد والمنغنيز من جهة والزنك من جهة أخرى في بادرات الرز. أشار (Ghasemi-Fasaei and Ronaghi, 2008) إلى أن إضافة الحديد Fe-EDDHA إلى تربة كلسية أدت إلى انخفاض فعالية الزنك والنحاس في نبات القمح بينما لم يكن لإضافة المنغنيز تأثير واضح في المحتوى من الزنك والنحاس في النبات المدروس. وفي دراسة لِ (Bahmanyar, 2008) بينت أن زيادة تركيز المنغنيز في التربة أدى إلى انخفاض محتوى بذور الرز من الزنك. كما أورد (الوهيبي، 1999) بأن زيادة امتصاص أيون الحديد تؤدي إلى ظهور أعراض الزنك على النبات. ففي دراسة قام بها (Watanabe *et al.*, 1965) بيّن أن نباتات الذرة أظهرت انخفاضاً في النمو عندما ازداد تركيز الزنك من 0.75 إلى 2.25 ميكرومول مع ثبات تركيز الحديد عند 2 مغ/كغ. ومع ذلك إن تركيز الحديد في النباتات وعملية امتصاص الحديد لم تنخفض بزيادة تركيز الزنك. وعلى العكس من ذلك وجد (Rosell and Ulrich, 1964) أن زيادة تركيز الزنك لمحصول الشوندر السكري من 0 إلى 12 مغ/كغ في المحلول المغذي أدى إلى تناقص تركيز الحديد في أوراق الشوندر من 900 إلى 90 مغ/كغ. وفي دراسة لـ (Brown and Jones, 1977) بينت أن إضافة الحديد للتربة لم يكن لها تأثير معنوي في محتوى نباتات الذرة الرفيعة من الزنك.

وجد (Vasantha Pillay *et al.*, 1994) أن إضافات الزنك أدت إلى زيادة محتوى الأوراق من البوتاسيوم والمغنيزيوم، وزيادة محتوى الجذور من الكالسيوم في نبات عباد الشمس.

بينت العديد من الدراسات حول التفاعل بين النتروجين والزنك، بأن الإضافة الزائدة من الأسمدة النتروجينية يمكن أن تؤدي إلى ظهور أعراض نقص الزنك على النبات، ويفسر ذلك

بتشكل مركب نترات الزنك وهذا المركب جيد الذوبان في الماء الأمر الذي يجعله عرضة للفقد من منطقة انتشار الجذور النباتية بالغسل، كما يمكن للزنك أن يشكل معقدات غير متحركة مع البروتينات (عودة وشمشم، 2008).

أوضحت نتائج (Yang *et al.*, 2006) أن للزنك تأثير في الرصاص حيث ازداد ادمصاص الرصاص Pb^{2+} بشدة عند ازدياد محتوى التربة من الزنك.

يتأثر امتصاص الزنك سلباً بازدياد الكميات القابلة للإفادة في التربة من النحاس، وقد يعود ذلك إلى التنافس على الارتباط مع الحامل حسب نظرية الحامل في الامتصاص الأيوني (زيدان وآخرون، 1993؛ عودة وشمشم، 2008)، كما وجد بأن معدلات مفرطة من إضافات الزنك تسبب نقص النحاس في محصول القمح النامي في تربة خشنة النسيج، كما أن العلاقة بين النحاس والزنك في النسيج النباتي تميل لأن تكون علاقة تضاد (الدومي وآخرون، 1995).كما تمت دراسة العلاقة المتبادلة بين الزنك والنحاس من قبل كلٍ من (Schmid *et al.*, 1965) على الشعير و(Bowen, 1969) على قصب السكر، ووجدا أن النحاس يخفض امتصاص الزنك بصورة شديدة، وأرجعوا ذلك إلى تزاحم هذين الايونين على جهة امتصاص واحدة. وبين (Tani et Barrington, 2005) أن امتصاص نبات الحنطة السوداء للزنك والنحاس قد ازداد مع التبخر-نتح، ولم يكن للزنك تأثير هام في امتصاص النحاس. وفي دراسة سابقة تضمنت نباتات القمح المعرضة لنفس الظروف زاد النحاس امتصاص الزنك بشكل ملحوظ بينما الزنك كان له تأثير سلبي غير ملحوظ في امتصاص النحاس. كما وجدا أن الزنك والنحاس تركز في جذور الحنطة السوداء. وكان لكل من النحاس والزنك تأثير مآزر لبعضهم البعض في الجذور وأحدث امتصاص مشابه في تجربة مماثلة باستخدام نباتات القمح.

وبينت العديد من الدراسات انخفاض جاهزية الزنك للنبات في التربة المغمورة بالماء، ويعتقد أن سبب ذلك يعود إلى تشكيل الزنك لفلز الفرانكيلينيت ($ZnFe_2O_4$)، أو لفلز السفاليريت (ZnS) ضعيفي الذوبان (عودة وشمشم، 2008). كما أنها توقف نشاط أحياء التربة التي تعمل على تحرير الزنك من معقداته العضوية في التربة (زيدان وآخرون، 1993). وفي دراسة لحركية المعادن الثقيلة في تربة غدقة بمنطقة صناعية في ألمانيا تبين إمكانية انتقال هذه المعادن عبر قطاع التربة من الطبقات السطحية الملوثة حتى الآفاق الأعمق وحتى إلى الماء الأرضي (Kalbitz and Wennrich, 1998).

ولظاهرة نقصان الزنك علاقة بالظروف الجوية، كما في بعض المناطق ذات درجات الحرارة المنخفضة وفصول الربيع الرطبة (Lucas and Knezek, 1972)، وربما يعزى ذلك إلى ضعف نمو الجذور في الترب الباردة، أو إلى قلة تحرر الزنك من المادة العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة بسبب انخفاض درجات الحرارة.

كما تستطيع الكائنات الحية الدقيقة في التربة التأثير في ذوبان المركبات الحاوية على الزنك (ابن صادق، 2001) من خلال إفراز بعض الحموض العضوية، و إفراز حمض النيتريك (HNO_3) من قبل بعض الأنواع البكتيرية والتي يطلق عليها بكتريا النترتة *(Nitrifying bacteria)*، وقيام بعض الكائنات الحية الدقيقة بتحلل المركبات والمخلفات العضوية ومعدنتها، وقيام بعضها الآخر مثل *Thiobacills sp.* بأكسدة كبريتيد الزنك (ZnS) مساهماً في انفراد هذا العنصر في صورة جاهزة للامتصاص (محمود وآخرون، 1988).

كما لوحظ أن هناك العديد من الكائنات الحية الدقيقة ذات قدرة على تمثيل (Assimilation) ومعدنة (Mineralization) هذا العنصر ومنها البكتريا *Rhizobium spp.* و *Serratia marcescens* و *Mycobacterium spp.* ومن الفطريات *Candida utilis* و *Neocosmospora spp.* ومن الطحالب *Usnea florida*، وأوضحت العديد من الأبحاث أن لبعض الطحالب قدرة كبيرة على تراكم عنصر الزنك على الجدار الخلوي ومن تلك الطحالب *Fuscus serratus* و *Laminaria digitata* و *Nitzschis spp.* و *Navicula semminulum* (Weinberg, 1977).

وعموماً فإن الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة وفي منطقة الجذور بصفة خاصة تعمل على إحداث العديد من التغييرات في مدى إتاحة وامتصاص العناصر المعدنية، وعليه فإن عمليات التمثيل المختلفة للعناصر المعدنية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة يمكن أن تؤدي إلى التأثير في مستوى تلك المعادن في التربة (Hashem and Al-Sohabani, 1995)، وهذا بطبيعة الحال يؤدي إلى حدوث اختلال في التوازن البيئي لامتصاص بعض العناصر المعدنية مما يؤثر بشكل مباشر على النشاط الفيزيولوجي للكائنات الحية الدقيقة (ابن صادق، 2001).

2.2.2. الزنك في النبات Le Zinc dans la plante

يتراوح محتوى النبات من الزنك بين $20\text{-}80\ mg.kg^{-1}$ (Klara, 1998). يمتص النبات الزنك على هيئة كاتيون Zn^{2+} وغالباً ما يكون مرتبطاً بمركب مخلبي (الوهيبي، 1999). هناك تباين

في الآراء فيما يخص الآلية التي يمتص بموجبها النبات هذا العنصر هل هي آلية فعّالة Active absorption، أم غير فعّالة Passive absorption، ولقد شرح هذا بصورة مفصلة من قبل (Moore, 1972) حيث بين بأن الأدلة تشير إلى أن امتصاص الزنك يسيطر عليه بواسطة الآليات الفعالة. ولقد أوضح (Lindsay, 1972) بأن التباين في الرأي سببه أن الباحثين السابقين لم يستطيعوا أن يفرقوا بين الادمصاص التبادلي غير الفعال (passive exchange adsorption) والتجمع الفعال (active accumulation) للزنك داخل الخلايا النباتية. والأدلة التي تثبت أن الامتصاص يتم بآلية فعالة قد وضعت من قبل (Schmid *et al.*,1965).

أورد (النعيمي، 1984) بأن الشكل الذي ينتقل به الزنك من الجذور إلى أجزاء النبات العليا غير معروف. ويعتقد (Tiffin, 1967) بأن الزنك لا ينتقل على شكل Citrate، إلا أن بعض المراجع مثل (الوهيبي، 1999) تذكر بأن الزنك ينتقل داخل النبات مرتبطاً ببعض المركبات مثل الحموض العضوية.

إن حركة الزنك في النبات ليست كبيرة حيث يتجمع الزنك في الأجزاء الجذرية وخاصة عندما يضاف بمستوى عالٍ، ويكون في الأوراق القديمة التكوين عديم الحركة (Rinne and Langston, 1960) ، ومعدل حركة الزنك إلى أجزاء النبات الحديثة التكوين تتناقص وبصورة خاصة في النباتات التي تعاني من نقصانه (Loneragan, 1975). كما بينت نتائج (Desmet and Dirkse, 2006) أن معدل تراكم الزنك في نبات السبانخ يتعلق بمعدل نموه النسبي وبموقع الورقة على النبات وبعمر الورقة، كما أن هناك ارتباط شديد للزنك ببعض المركبات العضوية الخاصة في الخلية وهذا يؤثر في تركيز أيونات الزنك الحرة في الأنسجة الحيوية.

تظهر أهمية عنصر الزنك للنبات في كونه يرتبط ارتباطاً وثيقاً بعدد كبير من الإنزيمات المهمة في استقلاب النبات مثل بناء البروتين واستقلاب السكريات (الوهيبي، 1999)، فقد أوضح (Price *et al.*, 1972) بأن الزنك يشترك في العمليات الحيوية للنتروجين في النبات إلى حد كبير، وطبقاً لما جاء فيه (Jyung *et al.*, 1975) فإن الزنك له دور في العمليات الحيوية في النبات حيث يشترك في تكوين النشاء. ولقد لوحظ انخفاض في المحتوى من النشاء ونشاط إنزيم النشاء (Starch Synthetase) وعدد حبوب النشاء في الفاصولياء تحت ظروف نقصان الزنك. كما أن للزنك علاقة بتكوين الحمض النووي RNA (Praske and Plocke,

(1971. ويؤدي الزنك دوراً تركيبياً في الإنزيمات الداخلة في تكاثر الحمض النووي DNA حيث يربط الزنك أربع مجموعات حاوية على الكبريت للحمض الأميني السيستين (الوهيبي، 1999). ويؤدي الزنك أيضاً دوراً وظيفياً للبعض الآخر من الإنزيمات كمحفز أو مساعد على إتمام التفاعل وذلك لميل الزنك إلى تكوين معقدات رباعية الشكل مع المجاميع النتروجينية والأوكسجينية وكذلك الكبريتية في التراكيب المختلفة (الوهيبي، 1999). في بعض الأنظمة الإنزيمية، يشبه الزنك في وظائفه Mn^{2+} و Mg^{2+} حيث يعمل على ربط الإنزيمات والمواد التي يعمل عليها الإنزيم (Substrate). عدد من الإنزيمات ومنها enolase تحفز بواسطة Mn^{2+} , Mg^{2+} و Zn^{2+} بنفس الطريقة لحدٍ ما، ولقد وجدَ أن الإنزيم الذي يحفز بواسطة الزنك ويضفي عليه صفة الخصوصية لهذا العمل كان Carbonic anhydrase وهذا الإنزيم يعمل كعامل مساعد للتفاعل التالي (النعيمي، 1984):

$$H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

المهم في اتزان ثاني أوكسيد الكربون مع حمض الكربون وبالتالي البناء الضوئي (الوهيبي، 1999)، ولقد تبين بأن هذا الإنزيم يوجد في الكلوروبلاست (Jacobson *et al.*,1975). وهذا ما بينه (الوهيبي، 1999؛ السراني وآخرون، 2005) بأن للزنك دور في بناء الكلوروفيل Chlorophyll و منع تكسيره.

وتم في السنوات الأخيرة التعرف على إنزيمات أخرى يدخل الزنك في تكوينها وتضم عدداً من dehydrogenase وبصورة خاصة glutamic acid dehydrogenase و lactic acid dehydrogenase و alcohol dehydrogenase وكذلك peptidases و proteinase (Vallee and Wacker, 1970).

الزنك ضروري في تكوين الحمض الأميني trybtophane (Tsui, 1948) وهي المادة (المركب البادئ) التي يتشكل منها حمض الأندول الخلي indole acetic acid (IAA) الهرمون المنظم للنمو النباتي (النعيمي، 1984؛ الوهيبي، 1999) والمساهم في زيادة مقاومة النبات للأمراض الفطرية (Elalaoui, 2007).

بين (Cakmak and Marschner,1988) أن الزنك يساعد في فعالية الغشاء الخلوي. وبناءً على ما جاء فيه (Fridovich, 1975; McCord *et al.*, 1971) فإن الزنك يوجد في إنزيم superoxide dismutase الذي يوجد في كل الكائنات الحية الدقيقة الهوائية.

كما يلعب الزنك دوراً في المحافظة على التركيب البروتيني (طرابلسي، 2001)، كما أوضحت العديد من الأبحاث العلمية حاجة بعض الكائنات الحية الدقيقة إلى عنصر الزنك من أجل النشاط الفيزيولوجي لبعض الإنزيمات والتي يطلق عليها (Zinc-metalloenzyme) ومنها بعض الإنزيمات مثل (Aldolases) الذي تفرزه *Aspergillus niger* و *Bacillus subtilis*. وإنزيم (Dehydrogenase) الذي ينتج من قبل *Saccharomyces cerevisiae*. وإنزيم (Protease) المفرز من قبل *Serratia spp.* وإنزيم (DNA Polymerase) وتفرزه *Escherichia. coli* وأيضاً إنزيم (Amylase) والذي تفرزه *Bacillus subtilis* (Weinberg, 1977).

يكون مستوى الزنك في النباتات التي تعاني من نقصه أقل من 10 مغ/كغ مادة جافة (Boehle and Lindsay, 1969). ويعد نقص الزنك شائعاً في الترب القلوية والكلسية والرملية والفقيرة بالمادة العضوية (زيدان وآخرون، 1993؛ عودة وشمشم، 2008). يعود نقصان الزنك بصورة دقيقة إلى توقف تكوين الحمض النووي RNA (النعيمي، 1984).

ومن أعراض نقص الزنك: ظهور اصفرار عام على الأوراق المسنة بدءاً بقمة الورقة والحواف، ثم يتبعها بقع ميتة بيضاء اللون (الوهيبي، 1999). وعند أحاديات الفلقة وخصوصاً عند الذرة تتميز الأعراض بظهور أشرطة Chlorotiques خضراء مصفرة شاحبة وغالباً ابيضاض جانبي العرق الوسطي للورقة، وفي حالة النقص الشديد تأخذ الأوراق الفتية اللون الأبيض أو الأصفر الواضح ويعرف هذا المرض الفيزيولوجي بـ White bud أو Bourgeon blanc (Elalaoui, 2007).

تعرف الأعراض النمطية لنقص الزنك عند أشجار الفاكهة بالأوراق المتوردة Rosette-shape، وتكون الأوراق صغيرة وضيقة، مبقعة ومشدودة مشكّلة في نهاية النموات الجديدة (السراني وآخرون، 2005) ويعرف أيضاً بمرض الأوراق القليلة Litte leaf، ويكون التشوه والسقوط المبكر للأوراق وتشوه الثمار نتيجة نقص الأوكسين بسبب نقص الزنك. الأعراض الأكثر شيوعاً عند الحمضيات هي التشوهات ومظهر الاخضرار الناتج عن البقع الصفراء على خلفية خضراء داكنة، يدعى المرض الذي يميز أعراض نقص الزنك على الحمضيات بـ Bottle leaf (Elalaoui, 2007). ويلاحظ أن الفروع المصابة لا تثمر، والثمار الناتجة ذات شكل غير طبيعي. ويؤدي نقص الزنك أيضاً لموت نهايات الفروع عند اشتداد الإصابة

(القطب وآخرون، 1994)، وفي أكثر الأحيان تبدأ الأجزاء العليا من النبات بالموت واحدة بعد الأخرى وتتساقط الأوراق قبل اكتمال نموها (النعيمي، 1984). وقد يتأثر نمو الجذور ولا تتكشف أنسجتها تكشفاً عادياً (الوهيبي، 1999). بالإضافة إلى تأثر صفات لحاء خشب الأشجار التي تعاني من نقصان الزنك حيث يكون خشناً وسريع الانكسار (Bould *et al.*, 1969).

يعد الزنك عنصراً مهماً في التحولات المختلفة التي تشمل عمليات الأيض، فهو يدخل في تكوين العديد من الإنزيمات ولكن بكميات ملائمة ومناسبة لمتطلبات النبات، والكائن الحي الدقيق (Lindsay, 1972) ، فإذا زادت تلك النسبة عن الحد المطلوب في النبات أو الكائن الحي الدقيق فإن هناك العديد من الأضرار سوف تحدث للكائن الحي، فتظهر علامات التسمم على النبات، أما على الكائن الحي الدقيق فقد لوحظ أن الزيادة في تركيز الزنك تؤدي إلى تثبيط تكوين العقد الجذرية بواسطة *Rhizobium spp.* وتؤثر سلباً في عملية تثبيت النتروجين الجوي عند الكائنات المثبتة للنتروجين الجوي (Shukla and Yadav, 1982).

وطبقاً لما جاء فيه (Mortvedt *et al.*,1972) فإن التراكيز الزائدة من هذا العنصر تعتبر سامة لكثير من النباتات. وقد يكون ذلك عائد إلى اتحاد الزنك مع البروتينات وترسيبها (الوهيبي، 1999).

نادراً ما تظهر أعراض التسمم بالزنك في ظروف الزراعة العادية ويعتقد أن تراكيز الزنك في النبات التي تزيد عن 150-200 مغ/ كغ مادة جافة تسبب السمية لمعظم الأنواع النباتية (عودة وشمشم، 2008)، وسمية الزنك ينتج عنها ضعف في نمو الجذور، وتمدد الورقة التي تُتبع بالاصفرار في نبات فول الصويا (Rauser, 1973).

أما عن ميكانيكية المقاومة لزيادة الزنك فإنها تعتمد على مقدرة النبات على ربط الزنك بجدران الخلية النباتية (Turner, 1969). ولاحظ (Petersen, 1969) بأن الزنك يتحد مع جزيئات ملح الحامض البكتيني في النباتات المقاومة. وهناك أدلة ملحوظة بأن الربط بجدار الخلية في الجذور ليس هو العملية الوحيدة التي يتم من خلالها الحد من تأثير التركيز العالي للزنك (النعيمي، 1984).

ولقد حظيت دراسة مقاومة الزنك من قبل الأحياء الدقيقة اهتماماً كبيراً من قبل العديد من الباحثين، فقد تمت دراسة امتصاص عنصر الزنك بواسطة ***Aspergillus nidulans*** والتي وجد أنه يستطيع مقاومة التراكيز العالية لهذا العنصر (Ashida, 1965) كما تمت دراسة

امتصاص هذا العنصر في خلايا ميسليوم *Rhizopus stolonifer* وخلايا *Escherichia coli* (السراني وآخرون، 2005). كما سجل (Doelman and Hanstra, 1979) وجود عنصر الزنك في بعض الفطريات مثل: *Scleroderma bovista, Lycoperdon spadicum, Bovista plumbea* بتراكيز تصل إلى $5000\ mg.kg^{-1}$.

ولبعض الفطريات القدرة على مقاومة التراكيز العالية من هذا العنصر في التربة وذلك من خلال آليات تختلف باختلاف نوع الفطر. من بين هذه الآليات:

قيام بعض الفطريات بترسيب عنصر الزنك داخل البروتوبلاست الخلوي (Harley, 1969)، وقيام بعضها الآخر بربط هذا العنصر بالأجسام عديدة الفوسفات(Polyphosphate bodies) (Weinberg, 1977). وتستطيع بعض الفطريات مثل *Neocosmopora vasinfecta* أن تعمل على التصاق هذا العنصر بجدارها الخلوي (Paton and Budd, 1972). ويستطيع بعضها الآخر ربط عنصر الزنك ببعض المركبات الخلوية مثل (Lipopolysaccharids) (Schinder and Osborn, 1979). واحتواء الجدار الخلوي للعديد من الفطريات على بعض المركبات ذات القدرة على الالتصاق بحبيبات الزنك مثل مادة الكيتين (Chitin) و (Glycoproteins) (Aronson, 1982).

وفي دراسة لِـ (Smolders *et al.*, 2003) بينت أن العمليات الميكروبية تختل بدرجة كبيرة عند إضافة الزنك بتراكيز ($226\text{-}595\ mgZn.kg^{-1}$)، حيث انخفضت معدلات عملية النترجة ومعدنة النتروجين وشدة تنفس التربة بشكل معنوي. وبينت نتائج (Barajas Aceves *et al.*, 1999) أن كربون الكتلة الحية الميكروبية microbial biomass carbon (biomass C) في التربة ارتبط بشكل سلبي، بينما إنتاج CO_2 ارتبط بشكل إيجابي، مع تركيز الزنك في التربة، وإن كل من نسبة التنفس والكتلة الحية الميكروبية كنسبة مئوية من الكربون العضوي للتربة كانتا مرتبطتان بشكل كبير مع تركيز الزنك في التربة أكثر مما كانت الكتلة الحية الميكروبية لوحدها. كما بينت النتائج أن الكتلة الحية الميكروبية وقياسات النشاط الميكروبي كانت مفيدة كمؤشرات للإجهاد البيئي، وإن هذه القياسات المرتبطة تزود عادة بمؤشرات أكثر حساسية للإجهاد البيئي بالمعادن الثقيلة أكثر من الكتلة الحية الميكروبية الكربونية أو معدل إنتاج CO_2 لوحده. بينت نتائج (Diaz-Ravina and Baath, 1996) أن المجموعات البكتيرية لم تتأثر بتراكيز المعادن الأقل من 2 ميلي مول Zn/ كغ تربة جافة، لكن فوق هذه القيمة زاد

مستوى التحمل للزنك ممثلاً بلوغاريتم تركيز الزنك في التربة. كما لوحظ زيادة في التحمل المعدني بعد يومين فقط من التعرض للزنك، كما بينت النتائج أن الزيادة في التحمل المعدني للزنك والنحاس بعد إضافة المعادن يمكن أن تعزى إلى التأثير المباشر المؤدي إلى موت الأنواع الحساسة، والتأثير الآخر يؤدي إلى إكساب قدرات تنافسية للمجموعات الميكروبية المتحملة وزيادة تأقلم البكتريا الناجية.

3.2. النحاس في نظام تربة- نبات Le cuivre dans le système sol-plante

1.3.2. النحاس في التربة Le cuivre dans le sol

يوجد النحاس في القشرة الأرضية بحدود $70\ mg.kg^{-1}$ (زيدان وآخرون، 1993). ويتراوح محتوى التربة من النحاس بين $2\text{-}200\ mg.kg^{-1}$ وبالمتوسط $20\ mgCu.kg^{-1}$ (Klara, 1998). يتأثر محتوى التربة من النحاس بالصخرة الأم التي نشأت منها فالترب الناشئة فوق الصخور البازلتية تكون غنية بالنحاس، في حين تعد التربة الناشئة فوق الصخور الغرانيتية فقيرة بالنحاس (زيدان وأخرون، 1993).

يوجد النحاس في عدد من خامات الكبريتيد Sulphides وأن تعرض هذه المواد المدفونة في باطن الأرض إلى الأوكسجين يؤدي إلى ظهور كميات كبيرة من النحاس الذائب في ظروف الحموضة الناتجة عن النشاط الميكروبي (ابن صادق، 2001). وأهم هذه الفلزات فلز الكالكوبيريت Calcopyrite ($CuFe_2S_2$)، وفلز الكالكوسيت Calcocite (Cu_2S)، وفلز البرونيت Bronite ($CuFeS_4$) (عودة وشمشم، 2008). يعتبر الكالكوبيريت من أهم فلزات النحاس في التربة حيث يرتبط الكبريت مع النحاس برابطة مزدوجة قوية تجعل حركيته ضعيفة وقابليته للتبادل مع الكاتيونات الأخرى في معادن التربة محدودة. لكن بالرغم من ذلك فإنه يستطيع أن يحل محل بعض الكاتيونات كالمنغنيز والحديد والمغنيزيوم في بعض الفلزات المعدنية في التربة (الإحلال الأيوني المتماثل) ويدخل في بنائها البلوري (زيدان وآخرون، 1993)

كما يمكن للنحاس أن يوجد في الفلزات الثانوية (أكاسيد، كربونات، سلفات) وأهمها المالاكيت Malachite [$Cu_2(OH)_2CO_3$]، والآزوريت Azorite [$Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$] (عودة وشمشم، 2008) والتينوريت Tenorite (CuO)، وأشار (Lindsay, 1972) إلى أن ذوبان معادن

النحاس مثل آزوريت وتينوريت وأيضاً معقدات نحاس التربة تتناقص بزيادة الرقم الهيدروجيني.

يوجد النحاس في محلول التربة بتراكيز منخفضة جداً تتراوح بين 0.6-63 ميكروغرام/ لتر (وسطياً 10 ميكروغرام) (زيدان وآخرون، 1993؛ عودة وشمشم، 2008). وتشتمل أنواع أيونات النحاس التي يمكن أن توجد في محلول التربة عند قيم مختلفة للرقم الهيدروجيني على الشكل الأيوني Cu^{2+} الذي يعد الأكثر سيادة في محلول التربة عند pH أخفض من 6.9، بينما تكون السيادة في محلول التربة للشكل الأيوني $[Cu(OH)]^{+}$ عند درجة pH قريبة من الـ 7، وللشكل $[Cu(OH)_2]^{0}$ عند درجة pH أعلى من 7 (عودة وشمشم، 2008) وعند درجة pH أعلى من 7.6 يمكن أن توجد بعض أنيونات $[Cu(OH_3)]^{-}$. وأشار بعض الباحثين إلى أن أيون $[Cu(OH)]^{+}$ يمكن أن يكون هاماً في تفاعلات ادمصاص النحاس على معدن الطين والمادة العضوية (الدومي وآخرون، 1995). وبناءاً على ما جاء في (عودة وشمشم، 2008) بأن انخفاض pH التربة درجة واحدة فقط يؤدي إلى زيادة تركيز Cu^{2+} في محلول التربة بمقدار 100 مرة.

يدمص النحاس على سطوح فلزات الطين والمادة العضوية وكربونات الكالسيوم وأكاسيد الحديد والألمنيوم والمنغنيز (عودة وشمشم، 2008). وتبلغ الكمية المتبادلة منه بحدود (0.03-0.3) $mg\ Cu.kg^{-1}$ وقد يصل إلى $0.6\ mg\ Cu.kg^{-1}$ حسب عوامل عديدة كالظروف المناخية والصخرة الأم والمادة العضوية في التربة (زيدان وآخرون، 1993). عند المقارنة مع الكاتيونات الأخرى (باستثناء الرصاص) يعتقد بأن النحاس أشد ادمصاصاً على سطوح التبادل المعدنية (أكاسيد وهيدروكسيدات الحديد والألمنيوم) (Covelo *et al.*, 2004) وهذا الجزء المتبادل منه يكون في صورة جاهزة للنبات (Grimme, 1968). فقد وجد (Li *et al.*, 2005) أن نسبة الرصاص في الجزء العضوي تساوي 29.1 % نسبة إلى تركيزه الكلي في التربة، وهذه النسبة تساوي للنحاس 9.5%، وللزنك 4.7 %. ويعتقد أن ادمصاص النحاس على سطوح الأكاسيد المعدنية لا يحصل نتيجة للانجذاب الالكتروستاتيكي الناجم عن اختلاف الشحنات الكهربائية كما هو الحال في ادمصاص النحاس على سطوح فلزات الطين، وإنما نتيجة لتشكل روابط سطحية من قبيل Cu-O-Fe أو Cu-O-Al مما يعني أن الادمصاص الحاصل هو ادمصاص كيميائي ويتحكم في هذا الادمصاص مجموعة الهيدروكسيل OH^{-} السطحية للأكاسيد المعدنية، وتزداد الكمية المدمصة من النحاس على سطوح هذه الأكاسيد مع ارتفاع pH التربة.

أما ادمصاص النحاس على سطوح فلزات الطين (مونتموريونيت وفيرميكيوليت) والمادة العضوية فيتم نتيجة الانجذاب الكهربائي غالباً، ويندرج هذا الادمصاص ضمن ما يدعى الادمصاص النوعي (عودة وشمشم، 2008).

وأشار (Hodgson *et al.*, 1966) إلى أن 98 % من نحاس التربة يكون على شكل مركبات يكون النحاس فيها مرتبطاً مع المادة العضوية. وأن النحاس مرتبط بقوة مع المادة العضوية أكثر من غيره من كاتيونات العناصر الصغرى مثل Mn^{2+} أو Zn^{2+}. وفي دراسة لارتباط الزنك والنحاس مع غرويات التربة في الأفق B بينت نتائج (Latrille *et al.*, 2003) أن 22% من النحاس الكلي مرتبط مع المادة العضوية والألوفان في الجزء من التربة الذي تقل أبعاد حبيباته عن 5 ميكرومتر. كما أن أكثر من 30 % من النحاس الكلي في التربة يكون مدمصاً بطريقة خاصة على المادة العضوية وهو المستودع الأساسي للنحاس المسؤول عن تنظيم تغيرات النحاس في محلول التربة (Barber, 1984) في (زيدان وآخرون، 1993). وبما أن النحاس يرتبط بمكونات التربة بقوة، لهذا فإنه ليس سهل الحركة، والكميات المضافة منه إلى التربة بشكل أسمدة تُقيد في الآفاق العليا للتربة (Delas, 1963) ولهذا فإن محتوى الكثير من الترب من هذا العنصر يتناقص بازدياد عمق طبقة التربة (Robert et Juste, 1997). وطبقاً لما جاء في (عودة وشمشم، 2008) فإن القسم الأكبر من النحاس الذائب في الطبقة السطحية للتربة هو النحاس المرتبط مع الحموض العضوية ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة، وهذه تساعد في امتصاص النبات للنحاس وبخاصة في الظروف التي تكون فيها جاهزية هذا العنصر للنبات منخفضة كما هو الحال في الترب القلوية مثلاً. وأوضحت نتائج الأبحاث أن مجموعات الكربوكسيل والفينول المرتبطة على مركبات حلقية مختلفة في المادة العضوية بالتربة تلعب دوراً هاماً في عملية ارتباط النحاس، كما أن الحموض الهيومية والفولفية من المادة العضوية تضم مواقع عديدة لادمصاص كل من النحاس والزنك في التربة (الدومي وآخرون، 1995). وبين نتائج (Alva *et al.*, 2005) أن إضافة المادة العضوية لتربة سلتية لومية (6.5 pH) أدت لزيادة في ادمصاص النحاس. ويعتقد (Norvell, 1972) أن نسبة النحاس المخلبي إلى أيون النحاس الثنائي في محلول التربة تزيد عن 1:10 ويمكن أن تكون 1:1000 في الترب القاعدية. وبناءاً على ما جاء في (عودة وشمشم، 2008) بأنه في معظم الترب المعدنية تشترك المادة العضوية مع الطين في تشكيل معقدات طينية-عضوية للنحاس (Clay-Cu-OM) ويعتقد أن ادمصاص النحاس يتم على السطوح العضوية والمعدنية معاً في الترب التي يقل محتواها من

المادة العضوية عن 8 %، وعلى السطوح العضوية غالباً في الترب الأغنى من ذلك بالمادة العضوية. وفي دراسة لِـ (Palma *et al.*, 2007) حول تأثير المادة العضوية في التربة في النحاس المستخلص من التربة الملوثة، تبين أن 99 % من النحاس المستخلص ترافق مع أعلى نسبة (25%) للمادة العضوية في التربة، بينما 80 % من النحاس المستخلص ترافق مع محتوى قدره 6-25 % من المادة العضوية. وكانت هناك دراسات عن ادمصاص النحاس في أنظمة تحتوي على الطين مع المادة العضوية أشارت إلى أن النحاس يدمص بواسطة المادة العضوية، وهذا يعني أن رابطة النحاس مع المادة العضوية أقوى من تلك التي تربطه بالطين، وحيث أن الترب العضوية تميل إلى أن تصبح أكثر عرضة لنقص النحاس بالمقارنة مع الترب المعدنية، فإنه من المحتمل أن يكون النحاس المدمص على الطين أكثر تيسراً للنبات من المرتبط مع المادة العضوية (الدومي وآخرون، 1995). وحظيت دراسة العلاقة بين النحاس القابل للإفادة والمادة العضوية في التربة اهتمام (Kalbitz and Wennrich, 1998; Bahmanyar, 2008) الذين وجدوا أن العلاقة السابقة علاقة إيجابية.

يؤثر pH التربة معنوياً في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة فطبقاً لما جاء به (Lindsay, 1972) فإن مستوى النحاس القابل للإفادة في التربة يقل بزيادة pH التربة عن 7، ويعود ذلك إلى أن الكمية المدمصة بواسطة كل من معادن الطين والمادة العضوية تميل إلى النقصان نتيجة تحوله إلى أشكال عضوية أو معدنية من $CuCO_3$, $Cu(OH)_2$ الضعيفة الذوبان، وهذه الحقيقة تؤكد أهمية مجموعات الهيدروكسيل الفينولية كمواقع لادمصاص النحاس (الدومي وآخرون، 1995). وتوازن تركيز النحاس يحافظ عليه بواسطة أملاحه الذائبة والموجودة على شكل احتياطي متبادل مثل كربونات النحاس وأكاسيد النحاس التي يكون تركيزها أعلى من تركيزه في محلول التربة. ولهذا فإن وجود الكربونات والأكاسيد في التربة لا يلعب دوراً في تقليل جاهزية النحاس (Lindsay, 1972) إلا أنه لا يمكن الاعتماد عليه في تغذية النبات على المدى القصير، لتوازنه البطيء مع نحاس محلول التربة (زيدان وآخرون، 1993). وتركيز النحاس في محلول التربة يتحكم به النحاس المدمص على جزيئات التربة (Lindsay, 1972). وعندما يزداد pH محلول التربة يزداد تركيز أيونات الهيدروكسيل ويقل في الوقت ذاته تأينها، ونتيجة لذلك يكون هناك عدد أقل من مواقع الشحنات السالبة ويصبح شد أيونات $[Cu(OH)]^+$ أقل احتمالاً (الدومي وآخرون، 1995). ويزداد محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة بانخفاض pH التربة عن 6 (زيدان وآخرون، 1993).وفي الترب شديدة الحموضة($pH<4.5$)

ينخفض محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة مجدداً ربما لاتحاد النحاس الميسر (الذائب) مع سيليكات الالمنيوم أو مع أنيونات الفوسفات والأنيونات الأخرى الذائبة (عودة وشمشم، 2008).

وطبقاً لما جاء فيه (Alva *et al.*, 2005) حول تأثير pH التربة في ادمصاص النحاس في ترب تراوح رقمها الهيدروجيني من 6.2 إلى 9.9، تبين تشابه تأثير الرقمين الهيدروجينيين 6.2 و 7.9 في انخفاض ادمصاص النحاس من 60 % إلى 24 %، بينما انخفض الادمصاص من 77 % إلى 34 % عند 9.9 pH، وذلك عند انخفاض المستويات المضافة من النحاس من 500 إلى $200\ mg.L^{1-}$. إلا أن (Huszcza-Ciolkowska and Zawartka, 2003) وجدا أن علاقة الارتباط بين pH التربة والنحاس في التربة غير معنوية. وفي دراسة لـ (Brun *et al.*, 2001) وجدوا أن تأثير pH التربة منخفض في تراكم النحاس في جذور نبات Maize.

يعد النحاس من أكثر كاتيونات العناصر الصغرى (Zn, Mn, Fe) ميلاً للارتباط مع المادة العضوية (Hodgson *et al.*, 1966)، وهذا يفسر سبب ارتباط أعراض نقص النحاس على النباتات النامية في الترب ذات المحتوى المرتفع من المادة العضوية مثل ترب البيت Peat والمك Muck (الدومي وآخرون، 1995). بينت نتائج (Pedra *et al.*, 2006) أن النحاس يميل للارتباط مع المادة العضوية أكثر من أكاسيد الحديد والمنغنيز والكربونات.

وفي دراسة توزيع وحركية الزنك والنحاس في تربة مسمدة بمخلفات الخنزير لمدة طويلة (25 سنة) لـ (Giroux *et al.*, 2005) بينت أن استخدام هذا السماد غيّر جوهرياً الحمولة والتوزيع للنحاس والزنك في طبقة التربة الصالحة للزراعة (0-20 Cm) حيث أن الجزء القابل للإفادة من الزنك والنحاس ازداد بشكل حاد مع إضافة مخلفات الخنزير، وأن الأجزاء المتحركة من هذه المعادن زادت بشكل كبير مع إضافات السماد إلا أنها ظلت منخفضة نسبياً.

وجد (Mercer and Richmond, 1970) أن جاهزية النحاس في الترب العضوية لا تعتمد على تركيز النحاس في محلول التربة فقط، بل أيضاً على الشكل أو الصورة التي يتواجد فيها، كما أن المركبات العضوية النحاسية في محلول التربة تعتمد في جاهزيتها للنبات على نوع المركب العضوي حيث أن المركبات العضوية النحاسية التي يكون وزنها الجزيئي أقل من 1000 تكون أكثر جاهزية للنبات من المركبات التي يكون وزنها الجزيئي أكبر من 5000. كما وجد (Gao *et al.*, 2003) في تربة ملوثة طبيعياً وصناعياً مع ارتفاع الـ pH من 2 إلى 8، بوجود السيترات انخفض معدل الانتزاز (الإزاحة) للنحاس في المرحلة الأولى ثم ارتفع ثم

انخفض مجدداً. بينما انخفض معدل الانتزاز للنحاس مع وجود الطرطرات. كما وجد (Peng *et al.*, 2005) أن السماد العضوي يرفع النحاس المتبادل بشكل ملحوظ، وأن تغطية التربة وتعقيمها يخفض من النحاس الكلي في التربة الملوثة به.

وهناك العديد من الكائنات الحية الدقيقة ذات قدرة على زيادة إتاحة النحاس في التربة (الكسندر، 1982)، فعلى سبيل المثال وجد أن جنس *Thiobacillus* يستطيع أكسدة الكبريت أو أيونات الحديد في بعض الخامات المعدنية وذلك بإنتاج حمض الكبريت وهذا يؤدي إلى إذابة النحاس بطريقة غير إنزيمية، كما يستطيع الكائن الحي الدقيق *Thiobacillus ferrooxidans* القيام بعملية أكسدة إنزيمية يتحول عن طريقها Cu^{+} إلى أيونات Cu^{2+} (Nielson and Beck, 1972).

وللمركب النحاسي المضاف تأثير في مدى جاهزية النحاس في التربة ففي دراسة لـ (Beringer, 1963) بيّن أن إضافة $CuSO_4$ إلى الترب الرملية الدبالية الفقيرة بالنحاس أدت إلى إدمصاص النحاس (99.4 %) بعد ساعتين فقط من الإضافة، وعند معاملة التربة نفسها بمواد أخرى نحاسية مغلفة أُدمص جزء قليل فقط من النحاس المضاف (5.3-7.3 %).

يتأثر محتوى التربة من النحاس المتاح بالفوسفور المتاح في التربة، فقد وجد (Bingham and Garber, 1960) أن التراكيز العالية من الفوسفور في التربة تسببت في خفض تركيز النحاس معنوياً في الأنسجة النباتية. ويعتقد أن هذا التداخل مشكلة فيزيولوجية أكثر منها ناتجة عن تفاعلات ترسيب في التربة. أشار (Bingham, 1963) إلى أن الاستعمال الدائم للأسمدة الفوسفورية سبب ظاهرة نقصان النحاس في بعض الترب. وطبقاً لما جاء فيه (Dekock *et al.*, 1971) بأن إضافة الأسمدة الفوسفاتية إلى ترب ذات مستوى منخفض من النحاس القابل للإفادة قد تسبب ظهور أعراض نقص النحاس على النبات.

كما أن الأسمدة النيتروجينية تؤدي إلى ظهور أعراض النقص وخاصة عندما تضاف مستويات عالية من النتروجين (Chapman, 1966)، ذلك لأن التسميد النتروجيني يؤخر من شيخوخة الأوراق القديمة فيقل نقل (Translocation) النحاس من هذه الأوراق (Elalaoui, 2007)

وأشار (Spenser, 1966) إلى وجود تداخل بين كل من النحاس والحديد وبين النحاس والفوسفور في الحمضيات، حيث وجد أن الإضافات المفرطة من النحاس عما هو ضروري لتغذية النبات العادية تؤدي إلى ظهور الإصفرار المميز لنقص الحديد، وهنا ربط (Spenser,

(1966 بين الاستعمال طويل الأمد للمبيدات الفطرية النحاسية على الحمضيات وظهور إصفرار الحديد في الترب الحامضية وهذا ما أكدته أيضاً نتائج (Chaignon et Hinsiger, 2001 على الكرمة.

وبينت نتائج (Yang *et al.*, 2006) أنه لزيادة النحاس تأثير في زيادة ادمصاص الرصاص Pb^{2+} في التربة، وأن تأثير النحاس في ادمصاص الرصاص كان أكبر من تأثير الزنك.

وذكر (Giordano *et al.*, 1966) بأن هناك تأثير للنحاس في دور الموليبدنيوم في عملية اختزال النترات في نبات البندورة، وأن هذه المشكلة مشكلة تغذوية أكثر من أن تكون ناتجة عن تفاعلات ترسيب في التربة.

وجد (Bahmanyar, 2008) أن زيادة تركيز المنغنيز في التربة أدت إلى زيادة محتوى بذور الرز من النحاس.

كما أن هناك تداخل بين النحاس والزنك، وقد يعود ذلك إلى تنافس هذين الايونين على جهة امتصاص واحدة (زيدان وآخرون، 1993)، وفي النسيج النباتي هناك علاقة تضاد بين الزنك والنحاس(Bowen,1969; Schmid *et al.*, 1965; الدومي وآخرون، 1955). كما أظهر (Skrivan *et al.*, 2005) أن التضاد مابين الزنك والنحاس كان ملحوظاً في بيض الدجاج المضاف إلى غذائه الأساسي الزنك والنحاس والحديد بتراكيز محددة، حيث أن إضافة النحاس أدت إلى انخفاض عالي المعنوية في ترسيب الزنك في صفار البيض، إلا أنه لم يُسجّل تضاد بين الزنك والنحاس في كبد الدجاج، وأن تزويد الوجبة الأساسية بالزنك والحديد معاً أنقص بشكل ملحوظ تركيز النحاس في الكبد. والزنك المزود للتربة عن طريق مفرزات الدجاج كان أكثر ثباتاً من الحديد والنحاس وبذلك فإن الزنك يستطيع أن يتكدس في التربة.

وبين (Zhang and Xia, 2005) في دراستهما على 13 تربة رملية مختلفة المحتوى من الزنك والنحاس، أن زيادة تركيز الصوديوم في محلول التربة أدت إلى زيادة تحرر النحاس من مركباته العضوية، بينما زيادة الكالسيوم في محلول التربة أدت إلى تناقص تحرر النحاس من مركباته العضوية.

تنخفض جاهزية النحاس بصورة عامة في الترب الكلسية وتركيزه ينخفض في محلولها (Grimme, 1968). ويبين (عودة وشمشم، 2008) أن كربونات الكالسيوم تؤثر بشكل

غير مباشر من خلال علاقتها مع pH التربة، كما يمكن أن تتفاعل كربونات الكالسيوم مع النحاس لتتكون كربونات النحاس الأساسية $CuCO_3.Cu(OH)_2$ ضعيفة الذوبان، مما يقلل من جاهزية هذا العنصر للنبات.

2.3.2. النحاس في النبات Le cuivre dans la plante

يمتص النحاس من قبل النبات بكميات قليلة جداً ومحتوى أكثر النباتات منه يكون بين 5-20 مغ/كغ (Klara, 1998)، وتبين أن امتصاص النحاس عملية غير مباشرة حيوياً وهناك أدلة تثبت بأن امتصاص النحاس يؤثر في امتصاص الزنك كما يمكن للعكس أن يتم (Bowen, 1969; Schmid *et al.*, 1965). ووجد (Keller and Deuel, 1958) أن النحاس قادر على أن يحل محل أيونات أخرى على مواقع التبادل الجذرية، ويرتبط ارتباطاً قوياً في المناطق الحرة للجذر، وهذه الملاحظة يمكن أن تؤكد ما وجد بأن الجذور تحتوي على كميات أكبر من النحاس من أجزاء النبات الأخرى فهو لا يكون سريع الحركة داخل النبات وبالرغم من ذلك فإنه يستطيع أن ينتقل من الأوراق القديمة إلى الأوراق الحديثة التكوين. وفي دراسة لـ (Saur, 1990) بينت أن النحاس يثبت على مستوى المجموع الجذري. كما ينخفض المحتوى من النحاس مع زيادة نمو النبات (Pillay and Jonnalagadda, 2007). ووضحت نتائج (Loneragan, 1975) بأن حركة النحاس تعتمد بقوة على حالته داخل النبات، ففي نباتات القمح المجهزة بالنحاس بصورة جيدة يمكن أن تحصل حركة سريعة له من الأوراق إلى الحبوب، ولكن في النباتات التي تعاني من نقصانه فإنه يكون غير قابل للحركة نسبياً. في عدد من النباتات المختلفة وضح (Tiffin, 1972) بأن النحاس موجود في المواد التي يفرزها الجزء الخشبي من النبات بشكل مركبات أيونية له. لوحظت أيضاً عدة أشكال أنيونية لمادته في نبات الزوان (Bremner and Knight, 1970). كما أن للنحاس صلة انجذاب قوية إلى ذرة النتروجين في الحموض الأمينية ولهذا فإن (Tiffin, 1972) اقترح بأن مثل هذه المركبات تعمل كناقل للنحاس في النسغ النباتي. بينت نتائج (Pedra *et al.*, 2006) أن حشيشة الشيلم تمتص النحاس على شكل مركبات نحاسية عضوية وعلى شكل كربونات النحاس بشكل أساسي.

كما هو معروف فإن الإنزيمات التي تحتوي على النحاس تساعد في التفاعلات التي تختزل ذرتي جزيئة الاكسجين وهذه الإنزيمات تضم Cytochrome Oxidase وكذلك عدد من الإنزيمات الأخرى Polyphenol oxidase و Ascorbic acid oxidase

(Gunsalus *et al.*, 1975). ويوجد النحاس في الإنزيم Superoxide dismutase المتواجد في كل الكائنات الحية الهوائية حيث يحتوي هذا الإنزيم على ذرتين للنحاس والتفاعل الذي يدخل فيه كعامل مساعد هو التفاعل dismutation لمادة Superoxide التي يمكن أن تتكون بسرعة من الاكسجين الجزيئي (مادة حرة عالية الفعالية تكون ضارة بالخلايا) فبوجود الإنزيم Superoxide dismutase يمكن للكائنات الحية العيش بوجود الاكسجين الجزيئي (Fridovich, 1975; McCord *et al.*, 1971).

يشترك النحاس في العمليات الحيوية للبروتين والكربوهيدرات. ففي النبات الذي يعاني من نقصه تتأثر عملية تكوين البروتين حيث ينتج عن ذلك زيادة في تكوين مركبات النتروجين الأمينية الذائبة (PossIngham, 1956). وهذه الحالة يمكن أن تفسر بأن النحاس يعمل كعامل مساعد في تكوين الإنزيم، أو بتأثيره في تكوين كل من DNA و RNA في الأعضاء النامية حديثاً حيث يكون تكوين البروتين في حالة نشطة. وقد وجدت مستويات قليلة من DNA في الأجزاء النباتية التي تعاني من نقص النحاس (Ozolina and Lapina, 1965). تتأثر العمليات الحيوية للكربوهيدرات أيضاً في النبات الذي يعاني من نقص النحاس، حيث تكون مستويات السكر المختزلة قليلة بينما تتجمع الحموض العضوية ومادة الاسبرجين (Brown *et al.*, 1958) ومثل هذه النتائج ربما تعود إلى التأثير غير المباشر لنقص النحاس. وبينت العديد من الدراسات بأن النحاس يوجد بتركيز عالٍ في الـ Chloroplaste فقد وجد (Neish, 1939) بأن حوالي 70 % من النحاس الكلي في الأوراق كان محاطاً بالكلوروبلاست. كما يلعب النحاس دوراً في التركيب الضوئي (Arnon, 1950; Elalaoui, 2007) وأوضحت الدراسات بأن النحاس يدخل في تركيب Plastocyanin الذي يكون جزء من حلقة الانتقال الالكتروني التي تربط نظامي التفاعل الضوئي الكيميائي العائد إلى عملية التركيب الضوئي (Boardman, 1975; Bishop, 1966) وهناك أدلة اقترحت بأن النحاس ربما يلعب دوراً في تكوين أو ثبوتية الكلوروفيل والمواد الملونة للأنسجة النامية. كما يشارك النحاس في تشكيل الليغنين lignine الذي يعطي الخلايا مرونتها واستقرارها (Elalaoui, 2007).

اقترح (Hallsworth *et al.*, 1960) بأن هناك احتياجاً متخصصاً للنحاس في تثبيت النتروجين الحيوي ففي حالة المستويات المنخفضة منه ينخفض تكون العقد الجذرية لنبات *Trifolium subterraneum* بصورة ملحوظة، وهذا ما بينه (السعد، 1980) بأن للنحاس دوراً مهماً في عمليات تثبيت النتروجين (Nitrogen fixation). كما افترض (Hallsworth

(et al., 1960 بأن النحاس يشترك في تكوين صبغة leghaemoglobin. كما أن هناك احتمالاً بأن نقصان النحاس يخفض من نشاط الإنزيم Cytochrome oxidase في العقد الجذرية والتي بدورها أدت في زيادة التدفق الأوكسجيني في خلايا العقد الجذرية والذي يكون غير مرغوب فيه في تثبيت النتروجين الجوي (Cartwright and Hallsworth, 1970).

يشارك النحاس في عملية تنظيم امتصاص المنغنيز ولذلك فإنه في حالة نقص النحاس يزداد امتصاص المنغنيز مؤدياً إلى سمية النبات، وتلاحظ هذه الظاهرة خاصة في التربة الحامضية (Elalaoui, 2007).

تبدأ أعراض نقص النحاس بالظهور على النبات عندما ينخفض تركيزه في النسيج النباتي عن 3-5 $mg.kg^{-1}$ في المادة الجافة (Kluc, 1977)، ويحدث ذلك عادة عندما ينخفض تركيزه في التربة عن 2 $mg.kg^{-1}$ (Barber, 1984) في (زيدان وآخرون، 1993). بينما اقترح (Davies *et al.*, 1971) بأنه إذا كانت مستويات النحاس أقل من 2 $mg.kg^{-1}$ فإنها تدل على وجود حالة النقصان. و المحتوى الحرج للنحاس في حبوب الشوفان بحدود 2.5-3 $mg.kg^{-1}$ (Russ, 1958).

إن الترب التي تعاني من نقص النحاس إما أنها تكون في طبيعتها ذات محتوى قليل منه أو أن تكون فقيرة في النحاس القابل للإفادة. ومجاميع الترب التي تحتوي على مستوى قليل منه تضم في طبيعتها الترب المغسولة مثل الترب البودزولية الرملية والترب المتكونة من مادة الأصل الفقيرة به. والترب التي تحتوي على كميات قليلة من النحاس الجاهز التي يكون امتصاصه فيها قليلاً من قبل النباتات هي الترب العضوية، والتي تحتوي على نباتات متحللة (peat)، والكلسية وبعض الترب التي تحتوي على نسبة كبيرة من الطين. كما تبرز ظاهرة نقصان النحاس في الترب المستصلحة الحاوية على مادة عضوية متحللة، ولهذا السبب فإن نقصانه قد أطلق عليه اسم مرض الاستصلاح reclamation disease (النعيمي، 1984).

تختلف النباتات من حيث حساسيتها لنقص النحاس إذ تعتبر الحبوب (باستثناء الشيلم) الأكثر حساسية يليها البقول وخصوصاً البرسيم Luzerne، والنفل البنفسجي Trèfle violet (Elalaoui, 2007)، لذلك تختلف أعراض النقص الظاهرية باختلاف المجموعات النباتية، ففي محاصيل الحبوب تتميز أعراض النقص بالنمو الكثيف للنباتات ذات القمم البيضاء اللون والأوراق رفيعة وتأخذ شكلاً لولبياً ويقل تكوين العناقيد الزهرية، وعندما يكون النقصان أقل

حدة يتكون العنقود الزهري، ولكن السنبلة لا تكون كاملة التكوين، أو يكون قسماً منها فارغاً (Brown *et al.*, 1958; Scharrer and Schaumloffel, 1960) وعندما تتشكل تأخذ من الصبغة الارجوانية (Elalaoui, 2007). يظهر عرض النقص عند النجيليات (الحشائش) والأعلاف المزروعة في تربة تعاني من نقص النحاس على شكل طرف أبيض (bout blanc) على الأوراق الفتية (Elalaoui, 2007). وتصاب أشجار الفاكهة عند نقصان النحاس بمرض Summer dieback الذي يؤدي إلى موت الأغصان الحديثة التكوين والنموات الجديدة فتتعرى الأوراق وتجف (Caldwell, 1971) وتعد أشجار الحمضيات من بين أشجار الفاكهة الأكثر عرضة لنقص النحاس، كما أن أشجار التفاح والمشمش والزيتون والنخيل تدل بشكل جيد على نقص النحاس (Elalaoui, 2007). والسلوك المؤثر لنقص النحاس في الأجزاء النباتية الحديثة التكوين يعتمد على قلة حركته وانتقاله في النباتات التي تعاني من نقص هذا العنصر (Loneragan, 1975).

لا تظهر سمية النحاس للنبات نتيجة لارتباطه بجزيئات التربة بقوة ويمكن للسمية أن تظهر في الترب المتأثرة بمعادن النحاس الخام أو في الترب التي قد عوملت بأملاحه لفترة طويلة (كالترب المزروعة بالكرمة في فرنسا (Brun *et al.*, 2001; Chaignon et Hinsinger, 2001) وتكون السمية شديدة بسبب المعدل القليل من النحاس الذي يغسل إلى طبقات التربة العميقة (Delas, 1963). وفي دراسة (Morgan *et al.*, 2004) لترب قريبة من منطقة صناعية في نيوزيلاند بينت أن محتوى التربة من النحاس وصل إلى $304\ mg\ Cu.kg^{-1}$. وتظهر سمية النحاس في الترب الحامضية حيث يكون فيها غير مرتبط بقوة بجزيئات التربة وفي هذه الحالة يكون النحاس أكثر جاهزية للنبات (Drouineau and Mazoyer, 1962).

يعد الحد الحرج لتسمم النبات بالنحاس في حدود 20-30 مغ/كغ في المادة الجافة من الأوراق النباتية (Robson and Reuter, 1981) في (زيدان وآخرون، 1993). يمكن ن تؤدي التركيزات العالية من النحاس المتاح في التربة إلى خفض امتصاص الحديد والزنك والموليبدنيوم، كما أن التركيزات المفرطة من النحاس في النبات يمكن أن تتداخل مع الاستخدام الطبيعي للفوسفور (الدومي وآخرون، 1995). إن التأثير السام للنحاس يعود إلى مقدرة النحاس للإحلال محل أيونات معدنية أخرى وبصورة خاصة الحديد من الوجهة الفيزيولوجية. فظهور اللون الأصفر هو أحد الأعراض المعروفة لزيادة وجود النحاس إلى حد السمية وهذه الأعراض تشبه أعراض نقص الحديد (Daniels *et al.*, 1972). كما أن توقف نمو الجذور هو أحد

التجاوبات السريعة لوجود هذه المادة بمستويات سامة. واستنتج (Wainwright and Woolhouse, 1975) بأنه إذا كان تأثير النحاس المفرط هو إحداث الضرر في التركيب الغشائي لخلايا الجذور فيكون جزء من السلوك لمقاومته من خلال حد أو منع حدوث أي تأثير في تركيب البلازما. كما وجد (Wallace *et al.*, 1966) أن المستويات العالية من الكالسيوم تخفف من التأثير السمي للنحاس ذلك لأن الكالسيوم يلعب دوراً مهماً في إبقاء تركيب الغشاء الخلوي دون تغيير. وبينت نتائج (Reilly, 1969) أنه لا توجد أدلة فيزيولوجية للعلاقة بين النحاس والنتروجين في أوراق زهرة النحاس الرودوسية المقاومة لزيادة النحاس. وبالرغم من ذلك فقد وجد هذا الباحث أدلة على أن النحاس يكوّن مركبات رابطة مع مجاميع ذات صفات من الحموض الأمينية والبروتينات وهذا ما وجده أيضاً (Tiffin, 1972).

إن تلوث الترب الزراعية بالنحاس ساعد على ظهور أنواع وسلالات ميكروبية جديدة ذات مقاومة عالية لهذا العنصر. وهناك بعض الدراسات توضح أن الآثار السامة للنحاس تتم في الترب الحامضية، كما أن ارتباط النحاس ببعض المركبات العضوية والمعدنية يحددان الصورة التي يتواجد فيها النحاس (Lindsay, 1972). وعلى الرغم من أن النحاس سام لكثير من الكائنات الحية في التراكيز المنخفضة، إلا أنه يعتبر من أهم العناصر المعدنية التي يحتاجها الكائن الحي الدقيق للنمو، ومن الجدير بالذكر أن النحاس يتواجد بخلايا الكائنات الدقيقة بكمية أكبر منها في الكائنات النباتية (السراني وآخرون، 2005). وتمت ملاحظة الأثر السام للنحاس في نمو بعض الكائنات الحية الدقيقة. ويرجع الفعل السام لهذا الأيون إلى ارتباطه بالبروتينات الخلوية كما ورد في (بياعة والبلخي، 1996)، ومن الأبحاث ما قام به (Yamamasaki and Tsuchiay, 1964) حيث وجدا أن *Pencillium oryzae* ذات قدرة عالية على النمو في التراكيز المرتفعة من هذا العنصر. كما وجد (Strakey and Waksman, 1943; Gadd, 1981; Ross, 1982) أن بعض الفطريات من فصيلة *Dematiaceae*, *Aureobasidium Pullulans*, *Candida ablicans* ذات قدرة على تحمل التراكيز العالية بإنتاج بعض الأبواغ الكلاميدية (Chlamydospores) وهذه أطلق عليها مقاومة ظاهرية. وتستطيع *Neurospora crassa* مراكمة النحاس على الأبواغ الفطرية لها (Somers, 1963). ووجد (Gadd et Griffiths, 1980) أن الفطر *Auerobasidium pullulans* يستطيع إنتاج الميلانين وهذا يستحث إنزيم (Tyrosine-oxidase) وبه يستطيع الفطر مقاومة التراكيز السامة من النحاس وهذا النشاط الإنزيمي يسهم في ترسيب النحاس في البروتوبلازم الخلوي. كما أكدت أبحاث

أن لبعض الفطريات مثل *Saccharomyces* و *Poria* (Kikuchi, 1965; Levi, 1969) *vaillantii* القدرة على إنتاج كبريت الهيدروجين H_2S مع ترسيب النحاس على الجدار الخارجي. وإنتاج بعض الحموض العضوية مثل حمض الستريك وحمض الاوكزاليك والتي تعمل على ربط أو ترسيب عنصر النحاس بالإضافة إلى أنها تكّون مركبات معقدة مع النحاس وذلك يتم بواسطة بعض الفطريات مثل *Poria monticola, Aspergillus niger* (Naiki, 1957; Ashowrth and Amin, 1964; Ross, 1975).

ولم تقتصر دراسة أثر سمية النحاس على الفطريات، بل امتدت لتشمل بعض أنواع البكتريا مثل *Aerobacter aerogenes, Serratia marcescens*. وبعض الأوليات مثل *Tetrahymena pyriformis* وبعض الطحالب مثل *Chlorella pyrenoidos, Anabaena cylindrica*، حيث وجد (Gadd and Griffiths, 1978) أن لعنصر النحاس تأثير كبير على تلك الكائنات الحية الدقيقة في التراكيز الضئيلة أما في التراكز العالية فإن النحاس يصبح ساماً لتلك الكائنات الحية الدقيقة.

وحظيت دراسة استجابة أنواع مختلفة من البكتريا غير ذاتية التغذية لتراكيز مرتفعة من النحاس من قبل (Gordon *et al.*, 1994)، حيث تمت دراسة تأثير النحاس في نمو *Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Bacillus cereus, Bacillus subtilis, Vibrio parahaemolyticus, Vibrio alginolyticus* (3 سلالات) وفي نوع غير محدد من *Vibrio* sp. في بيئة معينة، بينت النتائج تباين تأثير النحاس المضاف بتراكيز صغيرة جداً من تأثيرات غير ملحوظة إلى تأثير مثبط للنمو، وكل سلالة يمكن أن تستعيد نموها بعد فترة سكون، عند تركيز محدد من النحاس. وإن تراكيز النحاس التي سمحت بإعادة النشاط واختلفت من 25-150 ميكرومول. وبينت الدراسة عند مقارنة البروتين الخارج خلوي Les protéines extracellulaires في وسط النمو الذي تم الحصول عليه من زيادة النحاس في الوسط مع ذلك المتكون في حالة الشاهد. وجود بروتينات عديدة من البروتينات البسيطة إلى البروتينات الخارج خلوية المرتبطة بالنحاس (CuBP) (Les protéines extracellulaires liant le cuivre) الشائعة عند *V. alginolyticus*. وإن البروتينات المرتبطة بالنحاس (CuBP) وجدت عند كل أنواع *Vibrio* sp.. واكتشف في بيئة *P. aeruginosa* بروتين مشابه بالكتلة الجزيئية لاجهاد النحاس وهذا البروتين لم يكن موجوداً في بيئة الشاهد. وإن كلاً من *Escherichia coli, Bacillus spp.* لم تنتج هذا النوع من االبروتين الرابط للنحاس. وأثبتت النتائج ان البروتين

الرابط للنحاس لا تنتجه كل أنواع البكتريا كاستجابة لاجهاد النحاس، وإن هذه البروتينات شائعة عند *Vibrio* spp البحري.

وأوضح (Wang *et al.*, 2007a) أن التراكيز المختلفة للنحاس (100 ,200 ,400 مغ/كغ) أدت إلى تثبيط بكتريا التربة والاكتينومايسيتات، ولم يكن لها تأثير على الفطريات. وعندما كان تركيز النحاس أعلى من 200 مغ/كغ انخفضت الكتلة الحية الميكروبية microbial biomass. وأظهرت نتائج (Chen *et al.*, 2006) أن تراكيز حوالي 3 ميليمول نحاس/لتر و 5 ميلي مول زنك/لتر ثبطت من نمو الكائنات الحية الدقيقة. وأن التراكيز المثبطة للكائنات الحية الدقيقة في البيئات الصلبة كانت أخفض من تلك في البيئة السائلة. كما وجد أن سمية النحاس كانت أعلى من سمية الزنك. وبينت دراسة لـ (Sun *et al.*, 2006) ازدياد تحمل المجتمع البكتيري The bacterial community الترب الملوثة بالنحاس بينما قلت البكتريا الحساسة فيها. كما أن النحاس القابل للتبادل أدى إلى إحداث سمية عالية للمجتمعات الميكروبية microbial communities. ووجد (Renella *et al.*, 2003) أن سمية الكادميوم على نشاط الفوسفاتاز زادت بوجود الزنك والنحاس. كما وجد أن الكادميوم تنافس مع الزنك على مواقع الادمصاص وليس مع النحاس.

وفي دراسة لـ (Kunito *et al.*, 1999) على عينات تربة جمعت بالقرب من منجم النحاس لها مدى واسع من الـpH (4.9-8.1) والكربون العضوي (0.1-77 %) والمحتوى الكلي من النحاس من 32 إلى 11700 مغ/كغ. استخدمت لتحديد علاقات الارتباط بين الخواص الميكروبية وأشكال النحاس، بينت ارتباط القيمة IC50 (مستوى تحمل المجتمع البكتيري للنحاس) بشكل إيجابي مع لوغاريتم تركيز النحاس الذائب والقابل للتبادل (Ex-Cu). وتأثرت القيمة IC50 أيضاً بكمية النحاس المدمص بصورة دقيقة. كما أكدت الدراسة أن نسبة كربون الكتلة الحية الميكروبية إلى الكربون العضوي في التربة (Cmic/Org-C) غير مرتبطة بشكل معنوي مع أي من أشكال النحاس، وبالتالي كان لخصائص التربة الأخرى تأثير أكبر في حجم كربون الكتلة الحية الميكروبية في الترب المستخدمة. وإن كمية النحاس القابل للتبادل (Ex-Cu) التي أبدت سمية عالية كانت متأثرة بدرجة الـpH وكمية النحاس الكلي.

وفي دراسة لـ (Vogeler *et al.*, 2008) حول تأثير النباتات المتباينة التحمل لتراكيز النحاس المختلفة ($10, 180\ mg\ Cu.kg^{-1}$) في النشاط الميكروبي للتربة، أظهرت النتائج أن النباتات

زادت النشاط الميكروبي في الترب الفقيرة بالنحاس، وفي الترب الغنية بالنحاس عزي النشاط الميكروبي إلى نمو النبات بشكل جيد. كما زاد النشاط الميكروبي بشكل أسرع عند النباتات المتحملة للنحاس من باقي الأنواع النباتية غير المتحملة، وأن نسبة كربون الكتلة الحية الميكروبية في الجزء العضوي كانت أعلى في الترب الفقيرة بالنحاس من الترب الغنية بالنحاس، مع نسب تتراوح من 1.3 إلى 3.3 ومن 0.5 إلى 1.7 على التوالي.

قام (Yao *et al.*, 2006) بدراسة تحليل تركيب الحمض الدهني الفوسفولبيدي phospholipid fatty acid (PLFA) في نوعين من الترب الحمراء red soils ملوثتين بتراكيز مختلفة من النحاس، بينت النتائج أن تناقص PLFA كان مرتبطاً بشكل معنوي بتناقص كربون ونيتروجين الكتلة الميكروبية الحيوية في التربة الناجم عن مستويات متزايدة من النحاس.

تبين لـ (Broos *et al.*, 2007) بأن معاملة التربة بـ12 حقلاً تجريبياً في استراليا بتراكيز متزايدة من كبريتات الزنك $ZnSO_4$ وكبريتات النحاس $CuSO_4$ بشكل منفصل (كلاً على حده) بأن سمية الزنك والنحاس قد انخفضت بالنسبة لعملية النترجة بزيادة pH التربة.

ووجد (Hinojosa *et al.*, 2005) أن التلوث بالمعادن الثقيلة أثر سلباً في فطريات التربة وفي البكتريا موجبة غرام، بينما ازدادت البكتريا سالبة غرام بوجود التلوث بالمعادن الثقيلة.

4.2. تأثير التلوث بالزنك والنحاس في نمو النبات والكائنات الحية الدقيقة بالتربة:

في دراسة لـ (Li *et al.*, 2005) وجد أن النحاس أكثر حركة نسبياً من الزنك وبالتالي فهو أكثر سمية في الترب الملوثة حيث كانت النسبة المئوية للجزء القابل للتبادل والجزء المنحل في الماء، 0.15 % للنحاس، و0.10 % للزنك. وفي دراسة من قبل (Yoon *et al.*, 2006) على 36 نبات مزروع في تربة ملوثة بالزنك والنحاس والرصاص في فلوريدا تراوح محتوى التربة من الزنك بين 90 إلى $4100\ mg\ Zn.kg^{-1}$، قابل ذلك 2 إلى $1183\ mg\ Zn.kg^{-1}$ في النبات. وتراوح محتوى التربة من النحاس من 20 إلى $990\ mg\ Cu.kg^{-1}$ ترافق مع محتوى نباتي من 6 إلى $460\ mg\ Cu.kg^{-1}$. وإن محتوى جذور النبات كان أعلى منه في التربة وبذلك استنتجوا بأن النباتات المحلية التي تنمو في تربة ملوثة لها المقدرة على تخليص التربة من المعادن الثقيلة. وللتربة الملوثة بالنحاس تأثير على نضج النبات المزروع فيها وهذا ما بينته نتائج

(Hilber *et al.*, 2007) حيث تأخر نضج نبات الشعير في تربة محتوية على 2250 mg) Zn, 503 mg Cu.kg^{-1}) مقارنة مع تربة غير ملوثة ($^{-1}$316 mg Zn, 32 mg Cu.kg). بينما لم ينمُ نبات عباد الشمس عندما احتوت التربة على ($^{-1}$1811 mg Zn, 385 mg Cu.kg). وفي دراسة لتقدير تحمل أربعة أنواع عشبية للزنك والنحاس والنيكل وجد (Rauser et Keith Winterhalder, 1985) أن النوع *Deschampsia caespitosa* أبدى مقاومة واضحة تجاه الزنك والنحاس والنيكل. وأن النوع *Agrostis gigantea* كسته طبقة محمرة Roast bed مقاومةً للنحاس، بينما لم يقاوم الزنك والنيكل، وتوقف النمو الجذري عند النوع *Poa compressa* تحت تأثير الزنك إلا أنه أبدى مقاومة لتزايد النحاس والنيكل. ولم يبدِ النوع *Hordeum jubatum* مقاومة للعناصر الثلاث المدروسة. كما وجدا بأن العنصر الأكثر سمية لكل الأنواع كان النحاس ثم النيكل ثم الزنك. وبينت نتائج (-Folkeson et Andersson Bringmark, 1988) في دراستهما على تراجع الغطاء النباتي في غابة صنوبرية ملوثة بالزنك والنحاس بالقرب من منجم قديم وحديث، تجلت الاستجابة بانخفاض طبقة الطحالب، حيث كانت مستويات النحاس والزنك بالنسيج أكثر ارتفاعاً بـ 3-5 و 2 مرة (على التوالي) من المقاسة في موقع أكثر بعداً. بينما تحملت الحزازيات انخفاض الغطاء. وفي مرحلة لاحقة اختفت الطحالب المتحملة والحزازيات باستثناء *Pohlia nutans*، والحزازيات المتعايشة قلت أيضاً. ووجدا أن النبات النجيلي *Deschampsia flexuosa* أبدى مقاومة في تربة ملوثة قرب المناجم، إلا أنه لوحظ حديثاً عند *Deschampsia flexuosa* نباتات عديدة ميتة بالقرب من المناجم الحديثة وأرجعا ذلك إلى أن عوامل البيئة غيرت استجابة النباتات للملوثات. كما وجدا أن التدهور التدريجي في الطبقة السطحية هيأ تربة قليلة العمق ومعراة. وفي دراسة (Christopher *et al.*, 1996) حول تأثير الزنك والنحاس والكادميوم في مقاومة المعادن وفي إنتاج حمض الماليك في نوعين من الفستوكا Festuca rubra أحدهما Merlin من الأنواع التي توجد في منجم Trelogan في Galles والنوع الآخر Cascade نبات عشبي طبيعي. بينت النتائج أن النوع Merlin أظهر تحمل أكثر بدلالة معنوية بوجود (50 mgZn, 1 mgCd, 1 mgCu.L^{-1}) من نوع Cascade. وأن المحتوى الحرج الأكثر ارتفاعاً في النسيج أظهر أن نوع Merlin يمكن أن يتحمل تركيز أكثر بمرتين من الزنك وأكثر بـِ 12 مرة من الكادميوم في أنسجته قبل أن تظهر السمية، مقارنة مع نوع Cascade. في حين أن المحتوى

من النحاس كان متشابهاً عند النباتين العشبيين. كما أبدت النتائج أن نوع Merlin أحتوى كمية أكبر من حمض الماليك من نوع Cascade.

تم دراسة كفاءة الاستخدام الغذائي للعناصر الصغرى في نبات اللوبياء من قبل (Fageria and Barbosa Filho, 2008) الذي بين أنها على الشكل Fe < Zn < Mn < Cu.

كما حظيت دراسة المخاطر الصحية للترب الملوثة بالمعادن الثقيلة اهتمام الكثير من الباحثين، فقد صنف (Li *et al.*, 2008) كل من الزنك والنحاس والرصاص والكادميوم تبعاً لخطورتها وبالاعتماد على العتبات الحدية على الشكل التالي: Zn < Cu < Cd < Pb وكان الأطفال أكثر تأثراً من البالغين.

وحظيت ميكروبات التربة الموجودة في الترب الملوثة باهتمام الكثير من الباحثين، فقد أوضحت النتائج المتحصل عليها (Bååth *et al.*, 1998) زيادة تحمل المجتمع البكتيري في المعاملات المضاف إليها الحمأة الملوثة بالزنك أو النحاس مقارنة مع الحمأة غير الملوثة التي عوملت بها التربة. وتحمل المجتمع الميكروبي للمعادن النوعية زادت إلى الحد الأقصى عندما أضيف نفس المعدن للتربة، فمثلاً زاد التحمل للنحاس أكثر في المعاملات الملوثة بالنحاس. وأن هناك دلالات على تحمل المعادن التي لا تصل تراكيزها إلى السمية عند إضافة الحمأة. وفي تربة Lee Valley لوحظت زيادة ذات أهمية في تحمل المجتمع للمستويات العالية من الزنك والنحاس. أظهرت نتائج (Kao *et al.*, 2006) أن إضافة الحمأة زادت من معدل تنفس الميكروبات في التربة ومن تمعدن النيتروجين، فبالمقارنة مع إضافة الحمأة لوحدها، أدت إضافة الزنك والنحاس إلى الحمأة إلى انخفاض كميات الكربون المتمعدن بمقدار 36 % تقريباً. وعزى (Kao *et al.*, 2006) ذلك إلى قيام جزء من الزنك والنحاس بتشكيل معقدات مع المادة العضوية مما منع أو حد من تفكيك مواد الكربون العضوي من قبل الميكروبات. وازدياد معدل تمعدن النتروجين كان بمقدار خمس مرات مقارنة مع التربة غير المعالجة بالحمأة. وإن إضافة المعادن الثقيلة أعاقت عملية التمعدن هذه. والانخفاض في تمعدن النتروجين يعزى إلى ذات السبب الذي أدى إلى انخفاض التنفس الميكروبي. ومن الواضح أن إضافة المعادن الثقيلة إلى التربة المعاملة بالحمأة قد خفّض من كربون ونتروجين الكتلة الحية الميكروبية. وتغيرت النسبة C/N في الكتلة الحية الميكروبية خلال فترة الحضانة من القيمة 8 حتى القيمة 13 عند نهاية فترة التحضين، ذلك لأن المجموعات المختلفة من الميكروبات تبدي أنماطاً وآليات مختلفة من

الاستقلاب مما يشير إلى أن التجمعات الميكروبية السائدة قد تحولت من البكتريا إلى الفطريات وهذه الأخيرة تتميز بقدرة تحمل أكبر للمعادن الثقيلة. تم دراسة تأثير أشكال الزنك والنحاس المختلفة على بكتريا التربة من قبل (Saeki *et al.*, 2002) من خلال قياس مستوى تحمل المجتمع البكتيري (IC50) للمعادن الثقيلة في عينات تربة مرتفعة المحتوى من الزنك والنحاس، بينت النتائج المتحصل عليها أنه لم تكن هناك علاقة بين قيم IC50 والتركيز الكلي للزنك والنحاس في التربة ولكنها (IC50) ارتبطت بشكل ضعيف نسبياً بالتركيز القابل للاستخلاص بكلوريد الكالسيوم من كل معدن في التربة. وقد لوحظ علاقة ارتباط وثيقة بين IC50 والتركيز الكلي للمعدن في محلول التربة حيث كانت العلاقة مع النحاس أكبر منها مع الزنك. وجدت أيضاً علاقات ارتباط بين IC50 وفعالية الشوارد الحرة للمعادن ولكن قيم معاملات الارتباط كانت أقل من مثيلاتها التي وجدت بين IC50 والتركيز الكلي في محلول التربة. كما أشارت نتائج هؤلاء الباحثين إلى أن المجتمعات البكتيرية في التربة لا تتأثر فقط بفعاليات الشاردة المعدنية العالية بل أيضاً بالتركيز الكلي المنحل للمعدن في التربة. كما قام (Kunito *et al.*, 2001) بدراسة تأثير الزنك والنحاس في التربة في نشاط الإنزيمات (الفوسفاتاز الحامضي، الفوسفاتاز القلوي، اريلسيلفاتاز، السيليلولاز، دي هيدروجيناز، بروتاز، يورياز، بيتا D-غليكوزيداز، بيتا D-فراكتو فورانوزيداز (انفيرتاز)) وفي كربون الكتلة الحية الميكروبية في ترب زراعية عوملت بالحمأة والكومبوست منذ عام 1978، وقد بينت النتائج بأن التسميد الطويل الأمد بالحمأة والأسمدة العضوية (الكومبوست) أدى إلى حدوث تراكم للنحاس والزنك في التربة تراوحت من 140-144 ومن 216-292 مغ/كغ على التتالي، وازدياد كربون الكتلة الحية الميكروبية بإضافة الحمأة والكومبوست، بينما كانت نسبة النشاط الإنزيمي إلى الكتلة الحية الميكروبية أقل في الترب المعالجة بالحمأة والكومبست مقارنة مع تربة الشاهد. وقد تأثر النشاط الإنزيمي لبعض الإنزيمات عكسياً بالكميات المضافة من الزنك أكثر من تأثره بالنحاس. وهذا يجعل من هذه الإنزيمات بمثابة مؤشرات حيوية نافعة لتقدير التأثيرات السمية للزنك في التربة. لذا اقترح (Kunito *et al.*, 2001) استخدام النشاطات الميكروبية التي تبدي حساسية لإجهاد الزنك Zn stress كدلائل مفيدة لتقييم التأثيرات السامة للزنك على الكائنات الحية الدقيقة في التربة.

وفي دراسة لِـ (Rajapaksha *et al.*, 2004) أجريت لتبيان أثر إضافة معدن ثقيل إلى التربة في شدة تنفس التربة وفي أنشطة البكتريا والفطريات لمدة 60 يوماً في المخبر مستخدمين في

ذلك تربة غابة ملوثة بتراكيز مختلفة من الزنك والنحاس. بينت النتائج تباين تأثير المعادن تبعاً للمؤشر البيولوجي المدروس، فخلال الأسبوع الأول بعد إضافة المعدن انخفضت شدة تنفس التربة بمقدار 30 % عند أعلى مستوى تلويث ومن ثم بقيت ثابتة خلال فترة الحضانة (60 يوماً). أما النشاط البكتيري قد تناقص خلال الأيام الأولى مع زيادة تركيز المعدن ليصل إلى انخفاض مقداره 90 % في حالة أعلى مستوى من التلويث، ومن ثم عادت الأنشطة البكتيرية إلى مستويات شبيهة بتلك الخاصة بتربة الشاهد. وكان التحسن أسرع عندما أعيد pH التربة (الذي انخفض بسبب إضافة المعدن) إلى قيم الشاهد بإضافة الكلس. كما تزايد في البداية النشاط الفطري مع زيادة مستوى التلويث بالمعدن ليصل إلى 3 وحتى 7 أضعاف القيمة السائدة في عينات الشاهد خلال الأسبوع الأول وذلك عند أعلى مستوى للتلويث بالزنك والنحاس على الترتيب. ومن ثم انخفض وتراجع الأثر الإيجابي للمعدن المضاف في النشاط الفطري، إلا أن هذا الأخير ظل في التربة الملوثة أعلى منه في التربة الشاهد بعد 35 يوماً. ويشكل هذا الأمر دليل على أن النشاط البكتيري والنشاط الفطري في التربة يتأثران بصورة متباينة بالمعادن الثقيلة، وإن الاستجابات المتباينة التي تبديها البكتريا والفطريات تجاه المعادن الثقيلة تظهر من خلال زيادة النسبة فطريات/بكتيريا مع ازدياد كمية المعدن المضافة. أوضح (Wang *et al.*, 2007b) عند دراستهم للكتلة الحية الميكروبية microial biomass في التربة والنشاط الإنزيمي للتربة الملوثة بعنصري النحاس والزنك تأثر الكتلة الحية الميكروبية سلباً بالمستويات المرتفعة من المعدن المستخدم. كما وجدوا أن هناك علاقات ارتباط سلبية بين الكتلة الحية الميكروبية ونشاط الفوسفاتاز. وبشكل عام أظهرت النتائج وجود علاقات ارتباط بين تواجد النحاس والزنك في التربة بكميات متزايدة وسمية هذه المعادن للأحياء الدقيقة في التربة. وهذا ما بينته دراسة (Wang *et al.*, 2007c)، كما أوضحت هذه الدراسة أيضاً وجود علاقة ارتباط إيجابية بين الكتلة الحية الميكروبية في التربة ونشاط إنزيم الفوسفاتاز من جهة، مع المعادن الثقيلة (Cu/Zn) المستخلصة بنترات الامونيوم من جهة أخرى.

1.4.2. الإصلاح الحيوي (Bioremedation) للترب الملوثة بالزنك والنحاس:

تم تقسيم النباتات التي توجد في الترب الملوثة بالعناصر الثقيلة من قبل (McGrath *et al.*, 2002) إلى ثلاث مجموعات هي: مجموعة النباتات الدالة Indicators: وهي النباتات التي تعكس تركيز العنصر فيها تركيزه في التربة. ومجموعة النباتات المستبعدة Excluders:

وهي النباتات التي تحافظ على تركيز العنصر داخلها عند التركيز الحدي ويظل منخفضاً في مدى واسع من تركيز العنصر في التربة. ومجموعة النباتات المراكمة Accumulators.

إن استخلاص المعادن من التربة الملوثة بالمعادن الثقيلة، عن طريق النباتات (مستقبل واعد) يتطلب معرفة كافية بالأنواع النباتية الممتصة وغير الممتصة للمعادن من التربة، حيث أن الامتصاص المعدني والتحمل سمتين أساسيتين مطلوبتين لاستخلاص المعادن من التربة الملوثة. وتختلف نسبة تراكم Accumulation ratio العناصر الثقيلة حسب النوع النباتي، وعرّف (Brooks, 1988) النباتات المراكمة للعناصر الثقيلة بأنها تلك النباتات التي تراكم العنصر بتركيز أعلى من تركيزه في الوسط الذي ينمو به النبات، وتراكم العناصر بتراكيز تعد سامة جداً للنباتات الأخرى.

يتعلق تراكم العنصر داخل النبات حسب (Caille *et al.*, 2005; Srivastava *et al.*, 2005; Barcelo and Poshenrieder, 2003; Clemens *et al.*, 2002; Lombi *et al.*, 2002; Taiz and zeiger, 2002; Wintz *et al.*, 2002; Whiting, 2001) بالأمور التالية:

1. حركة الأيون داخل التربة ومدى تيسره.
2. تنشيط امتصاص الأيونات بواسطة الجذور، وتأثير المواد المفرزة من الجذور، وتفاعلات الأكسدة والاختزال للإنزيمات الموجودة على سطوح الجذور.
3. نشاط الكائنات الحية الدقيقة في الريزوسفير.
4. نقل الأيونات من الجذر إلى الخشب وكفاءة التخزين في الجذر.
5. نقل الأيونات من المجموع الجذري إلى المجموع الخضري.
6. توزع العنصر في الورقة.

وقد لفت انتباه الباحثين دراسة الأنواع النباتية مثل *Elsholtzia splendens* و *Silene vulgaris* و *Silene paradoxa* ذات القدرة العالية على استخلاص الزنك والنحاس من التربة الملوثة بهما، ففي دراسة لـ (Jiang *et al.*, 2004) بينت أن نبات *Elsholtzia splendens* أظهر تجاوباً كبيراً مع سمية النحاس ($80\ mg.kg^{-1}$ نحاس متاح، $100\ mg.kg^{-1}$ نحاس كلي)، حيث انخفضت مستويات النحاس المستخلص باستات الأمونيوم من 78 إلى 55

$mgCu.kg^{-1}$ بعد نمو نبات *Elsholtzia splendens* لفصل نمو واحد، كما بينت النتائج أن هذا النبات استنزف 30 % من نحاس طبقة الريزوسفير.

كما حظيت طريقة المعالجة الحيوية هذه باهتمام (Arneloli *et al.*, 2008) باستخدامهم نبات *Silene paradoxa*، وبينت النتائج ان نبات *Silene paradoxa* أظهر تحملاً عالياً للزنك والكادميوم، وارتبط هذا التحمل بتراكم الكادميوم في الجذور والسوق، وبتراكم الزنك بشكل خاص في السوق. وفي دراسة لـ (Song *et al.*, 2004) حول مقارنة تحمل وامتصاص النحاس من قبل النباتين *Elsholtzia splendens* و *Silene vulgaris* باستخدام 30 تربة مختلفة المحتوى من النحاس الكلي (من 19 إلى 8645 مغ/كغ)، أظهرت النتائج أن كلاً من *Elsholtzia splendens* و *Silene vulgaris* متحملة للنحاس وخاصة *Silene vulgaris*. وعلى الرغم من أن نباتات *Elsholtzia splendens* لم تراكم النحاس بشكل زائد لكنها سلكت سلوك مقاومة مثالي للنحاس مثل *Silene vulgaris*. وأن تركيز النحاس في كلا النباتين ارتبط بشكل وثيق مع النحاس المستخلص بـ ($1M\ NH_4NO_3$) ونحاس محلول التربة أكثر من ارتباطه بالنحاس الكلي في التربة وبالنحاس المستخلص بـ EDTA وبفعالية أيونات Cu^{2+}.

إن امتصاص *Elsholtzia splendens* و *Silene vulgaris* للنحاس والزنك من التربة يتعلق بمدى جاهزيتهما إلى حدٍ كبير، وهذا ما دفع الباحثين إلى البحث عن طريقة مناسبة تزيد من جاهزيتهما، فوجد (Peng *et al.*, 2005) أن إضافة السماد العضوي بمعدل مناسب يمكن أن يعزز جاهزية النحاس ويزيد فعالية الامتصاص النباتي له من التربة الملوثة بواسطة التحمل المعدني والتراكم في النوع النباتي، ووجد (Chen *et al.*, 2006) أن هناك سلالات بكتيرية لها دور في ذلك.

ففي دراسة (Peng *et al.*, 2005a) بينت أن إضافة السماد العضوي أدت لزيادة نمو نبات *Elsholtzia splendens* وتراكم النحاس فيه، فعند التسميد العضوي بمعدل 5% زاد تركيز النحاس في الأجزاء الهوائية لأربع دورات نمو. وإن إضافة السماد العضوي بمفرده أو مع خبث المعادن زاد من مستويات النحاس المتبادل في التربة. وإن زيادة قابلية الاستخلاص للنحاس في ريزوسفير *Elsholtzia splendens* كانت ملحوظة وتعزى إلى تشكل الشيلات وحموضة الريزوسفير rhizospheric acidification بواسطة المادة العضوية المتحللة، مما أدى إلى زيادة امتصاص النحاس وتراكمه في النبات. وفي دراسة لـ (Peng *et al.*, 2005b)

بينت كمية النحاس المتراكمة في أجزاء خلايا أوراق هذا النبات التي كانت على الشكل التالي: البلاستيدات > الجدار الخلوي > الجزء الذائب > أجزاء أخرى.

وفي دراسة لـ (Chen *et al.*, 2005) تم فيها عزل سلالات بكتيرية من ريزوسفير نبات *Elsholtzia splendens* بهدف دراسة تأثيرها على إذابة النحاس في التربة الملوثة وبالتالي تراكم النحاس في أنسجة النبات، حيث تم إضافتها لترب رملية تحتوي (237 $mgCu.kg^{-1}$) وحضنت فيها البكتريا وأظهرت النتائج أن هذه البكتريا سهلت إذابة النحاس وإتاحته للنبات حيث لوحظت زيادة في تراكم النحاس في الجذور (2.5 مرة) والأجزاء الهوائية (2.2 مرة) للنباتات المحضنة بالسلالة البكتيرية (MS2) مقارنة مع الشاهد غير المحضن، وكانت هذه السلالة (MS2) الأكثر فعالية في تراكم النحاس في النبات. كما تبين وجود تراكيز مرتفعة من النحاس القابل للإفادة في هذه الترب مقارنة مع ترب تم تحضينها بسلالات بكتيرية أخرى (من ريزوسفير نباتات أخرى).

كما درست المقاومة والادمصاص الحيوي للنحاس والزنك من قبل السلالة البكتيرية *Pseudomonas putida* CZ1 المعزولة من ريزوسفير نبات *Elsholtzia splendens* من قبل (Chen *et al.*, 2005)، ولهذه الغاية تم الاعتماد على السلالة ذات تتالي RNA ريبوزومي 16S، وأهم النتائج التي تم التوصل إليها أن سمية النحاس كانت أعلى من سمية الزنك. وأن السلالة CZ1 امتلكت القدرة على إزالة % 87.2 من النحاس و % 99.8 من الزنك خلال دورة نموها النشط وتراوحت القدرة الادمصاصية الحيوية من 24.2 إلى 26mg x.L^{1}.

وفي دراسة لـ (Wang *et al.*, 2008) حول تأثير الكبريت في إتاحة الزنك والنحاس في التربة وفي تركيب المجتمع الميكروبي وفي امتصاص نبات *Elsholtzia splendens* لهذين العنصرين أظهرت النتائج أن إضافة الكبريت بمعدل 20 $gS.kg^{-1}$ زاد من جاهزية الزنك والنحاس بشكل معنوي بعد 64 يوم من التحضين. فازداد تركيز النحاس المتراكم في جذور وسوق نباتات *Elsholtzia splendens*. وكان هذا التركيز في السوق 156.5 $mgCu.kg^{-1}$ (أكثر بـ 2.5 مرة) مقارنة مع عدم إضافة الكبريت. وسهّل الكبريت من حركية الزنك والنحاس بواسطة الأحياء الدقيقة.

وبين (Song *et al.*, 2004) أن لخصائص محلول التربة علاقة بتركيز النحاس في جذور *Elsholtzia splendens* و *Silene vulgaris*، كما تبين أن الكربون العضوي الذائب

(DOC) في محلول التربة لعب دورين مختلفين في إتاحة النحاس للنبات، انخفاض جاهزيته من خلال دخوله في مركبات معقدة، وزيادة جاهزيته عند المستوى نفسه من فعالية أيونات Cu^{2+}.

كما ورد في (الوهيبي، 1999) أن نبات حزاز النحاس *Merceya Latifola* يراكم النحاس بكميات كبيرة (قد تصل نحو 1 %)، بل أنه لا ينمو إلا في تربة غنية بعنصر النحاس.

3. مبررات البحث والهدف منه Objectifs de l'étude

يعتمد التقدم في أي مجال علمي، على التقنيات الحديثة والطرق المتاحة التي تسهم في تطوير حاجات ومتطلبات الأنشطة الإنسانية المتزايدة، فاستغلت الشركات المصنعة للكيماويات والتي منها الشركات الزراعية هذه التقنيات وتنافست في طرح منتجاتها في الأسواق؛ دون النظر إلى الآثار الجانبية التي قد تسببها، ومنها على سبيل المثال لا الحصر؛ زيادة محتوى التربة من المعادن الثقيلة، التي قد تكون بدورها ناجمة عن التلوث بهذه المعادن أو عن الأثر التراكمي للتسميد ورش المبيدات والري كالري بالمياه العادمة أو غيرها. ومهما يكن مصدر هذه المعادن، فإنها تؤثر بشكل أو بآخر في الخواص الكيمائية للتربة مما ينعكس على الكائنات الحية في التربة سواء النباتية منها أو الميكروبية. وينعكس كل ذلك بالنتيجة على الإنسان بشكل مباشر من خلال تغذيته على هذه المنتجات النباتية، أو بشكل غير مباشر من خلال تغذيته على منتجات حيوانية مغذاة على هذه المنتجات النباتية.

لقد هدفت هذه الدراسة إلى:

1. دراسة تأثير التسميد العضوي في جاهزية عنصري الزنك والنحاس وامتصاصهما من قبل النبات.
2. دراسة تأثير العلاقة المتبادلة بين الزنك والنحاس في امتصاص النبات لهذين العنصرين.
3. دراسة التأثير المتبادل للتسميد العضوي وإضافة عنصري الزنك والنحاس في بعض مؤشرات النشاط الميكروبيولوجي للتربة.
4. دراسة الأثر المتبادل لإضافة السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في إنتاجية محصولي السبانخ والخس من المادة الجافة.

4. مواد وطرائق العمل Matériel et méthode

1.4. التربة المستخدمة:

نفذت تجربة البحث في أصص (سعة الأصيص الواحد 3 kg تربة) ضمن الظروف الحقلية، باستخدام نوعين من الترب؛ متباينتي المحتوى من الكربونات الكلية، التربة الأولى (S_1) منخفضة المحتوى نسبياً من كربونات الكالسيوم مقارنة مع التربة الثانية (S_2) ذات المحتوى المرتفع جداً من كربونات الكالسيوم.

وتعود التربة المستخدمة في موسمي الدراسة إلى الطبقة السطحية (0-20 Cm)، أخذت من مزرعة خاصة بمنطقة الرستن.

2.4. النبات المزروع:

استخدم نباتان كمحصولين خضريين؛ هما:

1- نبات السبانخ *Spinacia oleracea,*، صنف Meridien F1 نقاوة (99.9%)، زُرِع في الموسم الأول.

2- نبات الخس *Lactuca sativa,*، صنف Cartan نقاوة (98%)، زُرِع في الموسم الثاني .

تمت زراعة نبات السبانخ بتاريخ 2007/2/20 وتم حصاده بتاريخ 2007/5/18، بينما زرع نبات الخس بتاريخ 2008/2/20 وتم حصاده بتاريخ 2008/5/15 .

3.4. المعاملات المستخدمة في البحث:

قامت خطة البحث على استخدام:

1. عنصري الزنك والنحاس: تمت إضافة عنصري الزنك والنحاس على شكل سلفات مائية ($ZnSO_4 .7H_2O$; $CuSO_4 .5H_2O$) ضمن ثلاثة مستويات لكلٍ منهما:

a) عنصر الزنك:

- المستوى الأول: $Zn_0 = 0$ mg $Zn.kg^{1-}$
- المستوى الثاني: $Zn_1 = 100$ mg $Zn.kg^{1-}$
- المستوى الثالث: $Zn_2 = 200$ mg $Zn.kg^{1-}$

b) عنصر النحاس:

- المستوى الأول: $Cu_0 = 0$ mg $Cu.kg^{1-}$
- المستوى الثاني: $Cu_1 = 50$ mg $Cu.kg^{1-}$
- المستوى الثالث: $Cu_2 = 100$ mg $Cu.kg^{1-}$

2. السماد العضوي: استخدمت ثلاثة مستويات من السماد البقري الجدول (.1.4)، المتخمر والمطحون والمنخول في منخل أقطار فتحاته 2 مم، والمستقدم من المزارع المنتشرة في المنطقة. وتمت إضافة هذا السماد دفعة واحدة قبل الزراعة، بالمعدلات التالية:

- معدل الإضافة الأول: $OM_0 = 0$ t/ha
- معدل الإضافة الثاني: $OM_1 = 20$ t/ha
- معدل الإضافة الثالث: $OM_2 = 40$ t/ha

ويوضح الجدول التالي بعض الخصائص الكيميائية للسماد العضوي المستخدم في البحث.

الجدول (**1.4**.). بعض الخصائص الكيميائية للسماد العضوي المستخدم

La fertilisation organique	pH	OC	TOM	N	C/N	Mn	Zn	Cu
	(H_2O) (1:2.5)	.............(%)..............				Total ($mg.kg^{1-}$)		
	8.61	17.28	29.8	2.14	8.08	69.62	51.03	1.37

ولقد استخدمت كافة التداخلات الممكنة بين المستويات المستخدمة من كل من الزنك والنحاس والسماد العضوي، وبذلك تكون المعاملات المستخدمة في البحث لكلا التربتين على النحو التالي:

الجدول (2.4.): المعاملات المستخدمة في البحث

رقم المعاملة	رمز المعاملة	رقم المعاملة	رمز المعاملة	رقم المعاملة	رمز المعاملة
1	$OM_0\ Zn_0\ Cu_0$	**10**	$OM_1\ Zn_0\ Cu_0$	**19**	$OM_2\ Zn_0\ Cu_0$
2	$OM_0\ Zn_0\ Cu_1$	**11**	$OM_1\ Zn_0\ Cu_1$	**20**	$OM_2\ Zn_0\ Cu_1$
3	$OM_0\ Zn_0\ Cu_2$	**12**	$OM_1\ Zn_0\ Cu_2$	**21**	$OM_2\ Zn_0\ Cu_2$
4	$OM_0\ Zn_1\ Cu_0$	**13**	$OM_1\ Zn_1\ Cu_0$	**22**	$OM_2\ Zn_1\ Cu_0$
5	$OM_0\ Zn_1\ Cu_1$	**14**	$OM_1\ Zn_1\ Cu_1$	**23**	$OM_2\ Zn_1\ Cu_1$
6	$OM_0\ Zn_1\ Cu_2$	**15**	$OM_1\ Zn_1\ Cu_2$	**24**	$OM_2\ Zn_1\ Cu_2$
7	$OM_0\ Zn_2\ Cu_0$	**16**	$OM_1\ Zn_2\ Cu_0$	**25**	$OM_2\ Zn_2\ Cu_0$
8	$OM_0\ Zn_2\ Cu_1$	**17**	$OM_1\ Zn_2\ Cu_1$	**26**	$OM_2\ Zn_2\ Cu_1$
9	$OM_0\ Zn_2\ Cu_2$	**18**	$OM_1\ Zn_2\ Cu_2$	**27**	$OM_2\ Zn_2\ Cu_2$

4.4. تصميم التجربة:

استخدام تصميم التجارب المنشطرة (Split split plot design) بخمسة مكررات لكل معاملة ولكلا التربتين، وبذلك يكون عدد الوحدات التجريبية مساوياً لِـ 27×5×2=270 وحدة تجريبية (أص).

5.4. العمليات الزراعية :

تضمنت الزراعة بذر السبانخ بمعدل 5 بذور/ أص، وشتل الخس بمعدل 2 شتلة/ الأص)، وجرى الري للأصص، كلما دعت الحاجة لذلك، وأزيلت الأعشاب حالما ظهورها.

6.4. جمع العينات:

1.4.6. العينات الترابية:

a. تم أخذ عينة تربة للتحاليل الأساسية بحدود 1.5 كغ من كلا التربتين، قبل بدء التجربة.

b. تم أخذ عينات تربة في نهاية موسم نمو النبات من كافة الوحدات التجريبية كلاً على حده، ومن ثم جهزت لإجراء التحاليل المخبرية الخصوبية والكيميائية اللازمة عليها.

c. تم أخذ عينات التربة للتحاليل الميكروبيولوجية في نهاية موسم نمو النبات وتم تحليلها مباشرةً بعد أخذها من الأصص، في ظروف معقمة عند سعة حقلية بحدود 70-80 %.

2.4.6. العينات النباتية:

تم أخذ العينات النباتية في نهاية موسم نمو النبات من كافة الوحدات التجريبية كلاً على حده، ثم فصل المجموع الخضري عن الجذري وجهزت للعمل المخبري.

7.4. التحاليل المخبرية:

1.7.4. التحاليل الفيزيائية والكيميائية الأساسية للتربة:

- جرى التحليل الميكانيكي للتربة باستخدام طريقة الهيدرومتر، وتم تحديد النسيج (القوام) باستخدام مثلث القوام الأمريكي U.S.D.A, Textural triangle (في درمش وآخرون، 1982).
- تمت التحاليل الكيميائية الأساسية للتربة باستخدام الطرائق التالية (في عودة وشمشم، 2007):

1. قياس pH التربة في معلق مائي (1:2.5)، باستخدام جهاز (pH meter).
2. قياس الناقلية (الموصلية) الكهربائية (EC) Electrical Conductivity في مستخلص مائي للتربة (1:5) باستخدام جهاز قياس الناقلية الكهربائية (Conductivity meter)، وعُبِّر عن النتيجة بالميكروسيمنز/سم (µS/cm).
3. تقدير الكربونات الكلية بطريقة المعايرة الحجمية، وعُبِّر عن النتيجة على شكل $CaCO_3$(%) .
4. تقدير الكلس الفعال Active lime، بطريقة المعايرة الحجمية، وعُبِّر عن النتيجة كنسبة مئوية (%).
5. تقدير الكربونات والبيكربونات الذائبة، بطريقة المعايرة الحجمية، وعُبِّر عن النتيجة بالميلي مكافئ / 100غ تربة (meq/100gr) .
6. تقدير الكلور بطريقة المعايرة الحجمية، وعُبِّر عن النتيجة كنسبة مئوية (%).
7. تقدير المادة العضوية Total organic matter TOM بطريقة الأكسدة الرطبة بواسطة ديكرومات البوتاسيوم وعُبِّر عن النتيجة بـ غ/100 غرام تربة جافة.
8. تقدير البوتاسيوم المتاح بطريقة التحليل باللهب، وعُبِّر عن النتيجة بـ($mg.kg^{-1}$) K
9. تقدير الفوسفور القابل للإفادة بطريقة أولسن، باستخدام جهاز القياس الطيفي Spectrophotometer وعُبِّر عن النتيجة على شكل ($mg.kg^{-1}$) P_2O_5 .

2.7.4. تقدير الكميات المتاحة من الزنك والنحاس في التربة:

تم استخلاص الكميات المتاحة من الزنك والنحاس بواسطة محلول (Diethylene triamine pentaacetic acid (DTPA (Lindsay and Norvell, 1978)، ومن ثم جرى تقدير الكميات المستخلصة منها باستخدام جهاز الامتصاص الذري (AAS) (Atomic Absorption Spectrophotometer) موديل AA-6800 ماركة SHIMADZU اليابانية عند طول موجة للزنك 213.9 n.m وللنحاس 324.8 n.m ، وعُبِّر عن النتائج بـ($mg.kg^{-1}$).

3.7.4. التحاليل الحيوية للتربة:

1.3.7.4. تم تقدير أعداد بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة في التربة بطريقة التخفيفات المتتالية والزرع من ثم على بيئات صلبة (Schinner *et al.*, 1996) بحجم 0.05 مل للطبق الواحد (بمعدل ثلاثة أطباق للتخفيف الواحد) وهي:

1- **البكتيريا غير ذاتية التغذية:** تم تقديرها على بيئة الآغار المغذي المكونة من (غ/لتر واحد ماء مقطر): (20) آغار، (5) ببتون، (5) مستخلص اللحم،(5) NaCl (في العيسى، 2005). وتم حساب أعدادها من التخفيف $\frac{1}{10000}$.

2- **البكتيريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات:** دُرست على البيئة المكونة من (غ/لتر واحد ماء مقطر): (10) نشا، (2) $(NH_4)_2SO_4$، (1) K_2HPO_4، (1) NaCl، (1) $MgSO_4.7H_2O$، (3) $CaCO_3$، (20) آغار (في العيسى، 2005). حيث يذاب النشا في كمية معينة من الماء ثم يضاف إلى باقي مكونات البيئة، وحُسِبَت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات من التخفيف $\frac{1}{1000}$.

تم التعرف على الاكتينومايسيتات بعد التحضين لمدة (10) أيام على حرارة 27°م من خلال الخواص المزرعية المميزة للاكتينومايسيتات والمتمثلة في وجود الميسيليوم المطمور Substrate mycelium في البيئة والميسيليوم الهوائي Aerial mycelium.

3- **الفطريات:** تم تنميتها على بيئة المالت المكونة من (غ/لتر واحد ماء مقطر): (30)مستخلص المالت، (20) آغار (في العيسى، 2005). وتم حساب أعداد الفطريات من التخفيف $\frac{1}{100}$.

وبشكل عام تم حساب أعداد المجاميع الرئيسة آنفة الذكر من خلال جداء متوسط عدد المستعمرات النامية على أطباق بتري لكل تخفيف بمقلوب التخفيف مقسوماً على وزن واحد غرام تربة جافة تماماً.

2.3.7.4. تنفس التربة: تم تقدير تنفس التربة بالمعايرة بطريقة (R.Öhliger,1976) في (Schinner *et al.*, 1996) حسبت النتائج من العلاقة التالية:

$$mg\ CO_2\ g^{1-}\ dm.24h^{1-} = \frac{(C - S) * 2.2 * 100}{Sw\%dm}$$

حيث: C: حجم HCl المستهلك من قبل الشاهد (مل)

S: حجم HCl المستهلك من قبل العينات (مل)

2.2: عامل تحويل (1مل من 0.1N من HCl مساوية 2.2 مغ CO_2)

Sw: الوزن الأولي للتربة (غ). 100%-1dm: عامل من أجل الوزن الجاف للتربة.

4.7.4. **التحاليل الكيميائية للنبات:**

تم تجفيف العينات النباتية عند درجة حرارة 60° م لمدة 24 ساعة، وتم طحنها، وجرى هضمها بالطريقة الجافة عند درجة حرارة 550° لمدة 5 ساعات. ثم تم تقدير الزنك والنحاس في ناتج الهضم باستخدام جهاز الامتصاص الذري (AAS) (Ryan *et al.*,1996)، وعبّر عن النتائج بـ ($mg.kg^{1-}$) مادة نباتية جافة.

8.4. المؤشرات النباتية المدروسة:

تم تقدير الوزن الجاف لكلا النباتين المدروسين (السبانخ والخس) (غ/ نبات).

9.4. تحليل النتائج:

حُللت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج GenStat 7، وتم حساب قيمة أقل فرق معنوي L.S.D عند مستوى دلالة قدره 5%. ودرست علاقات الارتباط باستخدام برنامج SPSS.

5. النتائج ومناقشتها

Présentation et discussion des résultats

1.5. الخصائص الأساسية للتربتين المستخدمتين في الدراسة:

يلاحظ من الجدول (1.5.) بأنه يغلب على التربتين المستخدمتين في الدراسة النسيج الطيني، والقلوية الخفيفة، وأن التربتين غير مالحتين. كما أن التربة S_1 قليلة المحتوى من الكربونات الكلية والكلس الفعال، بينما التربة S_2 عالية المحتوى جداً من الكربونات الكلية وعالية المحتوى نسبياً من الكلس الفعال. تحتوي التربتان على آثار من الكربونات الذائبة، كما أن التربتين منخفضتا المحتوى من البيكربونات الذائبة، ولم يتجاوز محتواهما من الكلور الحد الحرج.

جدول (1.5.). الخصائص الأساسية للتربة المستخدمة في الدراسة

analyse	S_1	S_2
Clay %	54.95	49.95
Silt %	19.25	16.75
Sand %	25.8	33.3
pH (H_2O) (1:2.5)	8.04	8.17
EC (1:5) (µ S / cm)	107.5	117.2
$CaCO_3$ (%)	9.4	87.8
Active lime (%)	1.88	7.68
CO_3^{2-} (meq/100gr)	Trace	Trace
HCO_3^- (meq/100gr)	1.155	1.036
Cl^- (%)	0.008	0.006
TOM (%)	1.15	1.27
P_2O_5 (mg.kg^{1-})	68.619	61.762
Available K (mg k.kg^{1-})	450	150
Available Fe (mg Fe.kg^{1-})	6.12	5.96
Available Zn (mg Zn.kg^{1-})	1.27	0.85
Available Cu (mg Cu.kg^{1-})	1.36	1.50

كما يلاحظ أيضاً انخفاض محتوى التربتين من المادة العضوية وارتفاع محتواهما من الفوسفور المتاح. أما محتواهما من البوتاسيوم المتاح فيبدو أن التربة S_1 مرتفعة المحتوى، بينما التربة S_2

منخفضة المحتوى نسبياً منه. كما وجد أن التربتين المدروستين مرتفعتا المحتوى من كل من النحاس والحديد المتاح. كما كانت التربة S_1 عالية المحتوى من الزنك المتاح، بينما كانت التربة S_2 جيدة المحتوى منه.

2.5. تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى التربة من المادة العضوية:

1.2.5. محتوى التربة من المادة العضوية في نهاية موسم 2006-2007:

يبين الجدول (2.5.) والجدول (3.5.) والملحق رقم (1.) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى التربة من المادة العضوية في موسم 2006-2007 حيث يتضح من هذا الجدول وفي التربة S_1 أنه تحت تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي كانت الفروق عالية المعنوية في التربة المدروسة. حيث تفوق المستوى OM_1, OM_2 على الشاهد (OM_0)، كما تفوق معدل الإضافة OM_2 على المعدل OM_1 من حيث التأثير في محتوى التربة من المادة العضوية. وكما هو متوقعاً لم تُلمس فروق معنوية تحت تأثير الإضافات المنفردة للزنك أو للنحاس، كما لم تُلمس فروق معنوية تحت تأثير الأفعال المتبادلة بين التسميد العضوي وإضافة الزنك والنحاس.

الجدول (2.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى التربة من المادة العضوية (TOM) في موسم 2006-2007

Traitements	TOM ....(%)...............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
OM	1.065	0.646	1.170	0.885	1.441	1.200	**0.071****	**0.066****
Zn	1.233	0.896	1.226	0.911	1.217	0.924	**ns**	**ns**
Cu	1.224	0.898	1.219	0.919	1.233	0.915	**ns**	**ns**

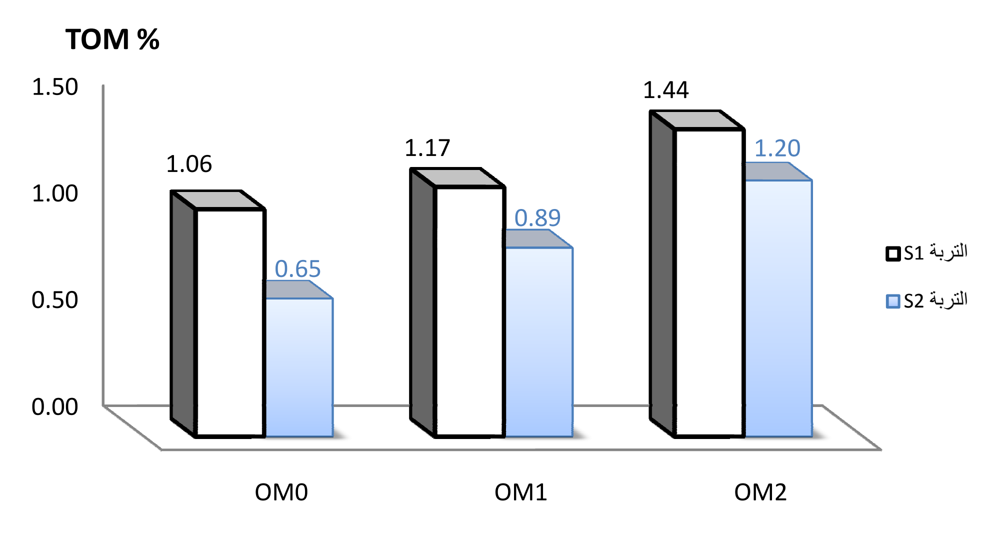
كما تظهر النتائج المبوبة أن الإضافات المختلفة من السماد العضوي أدت إلى إحداث فروقاً عالية المعنوية في محتوى التربة S_2 من المادة العضوية، حيث ارتفع محتوى التربة من المادة العضوية عند التسميد العضوي بمعدل OM_1, OM_2 مقارنة مع الشاهد. كما ارتفع محتوى التربة عند استخدام OM_2 مقارنة مع OM_1 بفروق معنوية ملموسة. ولقد كانت الفروق ظاهرية

تحت تأثير الأفعال المنفردة للزنك والنحاس، والأفعال المتبادلة بين التسميد العضوي وإضافة الزنك والنحاس في محتوى التربة من المادة العضوية.

وبالمقارنة بين التربتين المدروستين بينت الدراسة تفوق التربة S_1 على التربة S_2 بفروق معنوية في محتوى التربة من المادة العضوية، وهذا ما يتضح من الشكل (1.5.).

الجدول (3.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في محتوى التربة من (TOM)

Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	ns	ns
OM. Zn	ns	ns
OM. Cu	ns	ns
OM. Zn. Cu	ns	ns



الشكل (1.5.). تأثير التسميد العضوي في محتوى التربة من TOM%
(موسم 2006-2007)

2.2.5. محتوى التربة من المادة العضوية في نهاية موسم 2007-2008:

يبين الجدول (4.5.) والجدول (5.5.) والملحق رقم (1.) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى التربة من المادة العضوية في موسم 2007-2008، حيث تبين النتائج أنه عند الإضافات المختلفة من السماد العضوي كانت الفروق عالية المعنوية، حيث تفوق معدل الإضافة من السماد العضوي OM_2 على المعدل OM_1 والشاهد، كما تفوق المعدل OM_1 بدوره على الشاهد. بينما لم يلاحظ وجود فروق معنوية عند

إضافة الزنك والنحاس بشكل منفرد أو مع بعضهما وذلك كما هو متوقعاً. كما لم يكن للأفعال المتبادلة بين السماد العضوي والزنك والنحاس تأثير معنوي في محتوى التربة من المادة العضوية.

الجدول (4.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى التربة من المادة العضوية (TOM) في موسم 2007-2008

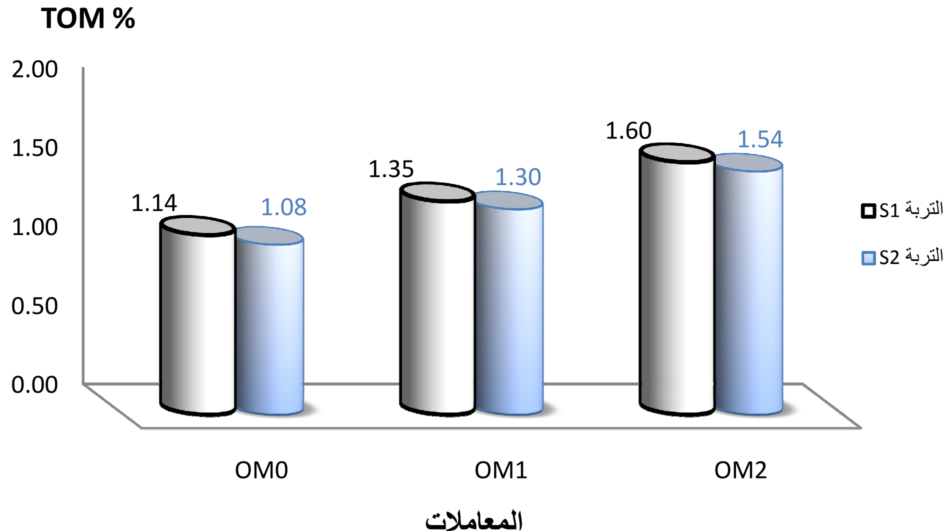
Traitements	TOM ....(%)...............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
OM	1.137	1.076	1.354	1.300	1.598	1.537	**0.045****	**0.043****
Zn	1.356	1.293	1.359	1.311	1.374	1.310	**ns**	**ns**
Cu	1.359	1.307	1.361	1.293	1.369	1.313	**ns**	**ns**

تحت تأثير إضافة مستويات مختلفة من السماد العضوي لوحظت فروق عالية المعنوية في محتوى التربة S_2 من المادة العضوية، حيث ارتفع محتوى التربة من المادة العضوية عند استخدام OM_1, OM_2 مقارنة مع الشاهد، كما تفوق استخدام OM_1 على الشاهد بفروق معنوية ملموسة. بينما لم يكن للأفعال المتبادلة بين العوامل المدروسة تأثير معنوي في محتوى التربة من المادة العضوية.

يتضح لدى المقارنة بين التربتين المدروستين عدم وجود فروق معنوية بينهما فيما يخص تأثير التسميد العضوي في محتواهما من TOM% الشكل (2.5.).

الجدول (5.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في محتوى التربة من (TOM)

Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	ns	ns
OM. Zn	ns	ns
OM. Cu	ns	ns
OM. Zn. Cu	ns	ns



الشكل (2.5.). تأثير التسميد العضوي في محتوى التربة من TOM%
(موسم 2007-2008)

3.5. تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة:

1.3.5. محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة في نهاية موسم (2006-2007):

يظهر الجدول (6.5.) والجدول (7.5.) والملحق رقم (2.) تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي والزنك والنحاس في محتوى التربة من الزنك المتاح في نهاية موسم 2006-2007.

يتضح من الجدول (4.5.) فيما يخص التربة S_1 حصول زيادة عالية المعنوية في محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة بزيادة معدل الإضافة من الزنك، ولقد ارتفع محتوى التربة المدروسة من الزنك القابل للإفادة ليصل إلى ($41.06\ mgZn.kg^{-1}$) عند استخدام المستوى الأعلى من الزنك (Zn_2).

أدت إضافة السماد العضوي بمعدل OM_2 إلى زيادة غير معنوية في إتاحة الزنك في التربة مقارنة مع محتوى تربة الشاهد (OM_0) وربما يكون ذلك عائد إلى تشكل معقدات عضوية ذوابة أو مركبات مخلبية للزنك نتيجة ارتباطه بالكميات المضافة من السماد العضوي، أو أنه عائد إلى محتوى السماد العضوي المضاف من الزنك. بينما لوحظ في تربة المعاملة OM_1 انخفاض غير معنوي في المحتوى من الزنك المتاح مقارنة مع محتوى تربة الشاهد، وقد يعزى ذلك إلى احتجاز كمية كبيرة من الزنك في أجسام ميكروبات التربة.

أدت إضافة النحاس إلى ارتفاع في محتوى التربة من الزنك المتاح عموماً، وقد يكون ذلك على علاقة مع انخفاض محتمل في pH التربة ناتج عن تضافر إضافة سلفات النحاس والمفرزات الجذرية الحامضية، أو أنه عائد إلى ظاهرة التضاد المعروفة بين هذين العنصرين. حيث ارتفع محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة معنوياً لدى استخدام المستوى Cu_1، وظاهرياً لدى استخدام المستوى Cu_2

الجدول (.6.5). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة في نهاية موسم (2006-2007)

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{-1})...............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	1.68	1.36	28.09	40.86	41.06	61.43	**3.99****	**1.75****
OM	23.70	33.64	20.98	34.77	26.15	35.25	**ns**	**ns**
Cu	21.56	35.55	25.53	33.09	23.74	35.02	**3.11***	**1.98***

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس إلى ارتفاع في محتوى التربة S_1 من الزنك المتاح بفروق معنوية في أغلب المعاملات وبفروق غير معنوية ببعضها الآخر مقارنة مع محتوى تربة الشاهد (Zn_0Cu_0) –الجدول (.3.2) في الملحق رقم (.2)-.

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك إلى ارتفاع غير معنوي في محتوى التربة من الزنك المتاح في كافة المعاملات المدروسة مقارنة مع محتوى تربة الشاهد (OM_0Zn_0) – الجدول (.1.2) في الملحق رقم (.2)-.

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس إلى ارتفاع غير معنوي في أغلب تربة المعاملات من الزنك المتاح مقارنة مع محتوى تربة الشاهد. حيث بلغ محتوى تربة المعاملة OM_2Cu_1 (28.22 mgZn.kg^{-1}) مقابل (19.15 mgZn.kg^{-1}) في تربة المعاملة OM_1Cu_0، و (21.92 mgZn.kg^{-1}) في تربة الشاهد (OM_0Cu_0) –الجدول (.2.2) في الملحق رقم (.2).

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس ارتفع محتوى تربة كافة المعاملات من الزنك المتاح بفروق غير معنوية مقارنة مع محتوى تربة الشاهد ($OM_0Zn_0Cu_0$) –الجدول (.4.2) في الملحق رقم (.2)-.

وفي التربة S_2: بينت النتائج المدونة أن محتوى التربة من الزنك المتاح ارتفع بفروق عالية المعنوية مع زيادة مستوى الإضافة من سلفات الزنك، وذلك رغم احتواء هذه التربة على

نسبة عالية من الكربونات الكلية. فقد ارتفع محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة من (1.36 $mgZn.kg^{-1}$) عند استخدام المستوى Zn_0 إلى (61.43 $mgZn.kg^{-1}$) عند استخدام المستوى الأعلى Zn_2.

إن زيادة معدل التسميد العضوي أدت إلى زيادة غير معنوية في محتوى التربة من الزنك المتاح، وقد يكون ذلك عائد إلى محتوى السماد العضوي المضاف من الزنك من جهة وإلى تشكل معقدات عضوية ذوابة للزنك من جهة أخرى. وتأتي هذه النتيجة متوافقة مع ما توصل إليه (ZHONGREN et CHUANYAN, 2000) الذين وجدا أن التسميد العضوي يزيد من محتوى التربة الكلسية من الزنك القابل للإفادة.

أدت إضافة النحاس بمعدل Cu_2 إلى انخفاض غير معنوي في محتوى التربة من الزنك المتاح مقارنة مع محتوى تربة الشاهد. بينما انخفض محتوى تربة المعاملة Cu_1 بفروق معنوية مقارنة مع محتوى تربة المستويين (Cu_2 والشاهد).

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس إلى ارتفاع معنوي في محتوى تربة أغلب المعاملات وغير معنوي في بعضها الآخر مقارنة مع محتوى تربة الشاهد (Zn_0Cu_0). فعند المستوى نفسه من النحاس المضاف لوحظ ارتفاع معنوي بزيادة مستوى إضافة الزنك، بينما عند المستوى نفسه من الزنك لم تكن الفروق معنوية بين المستويات المستخدمة من النحاس فيما يتعلق بمحتوى التربة من الزنك القابل للإفادة -الجدول (3.2.) في الملحق رقم (2.)-.

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك إلى ارتفاع معنوي في محتوى تربة أغلب المعاملات من الزنك المتاح وارتفاع غير معنوي في بعضها الآخر مقارنة مع محتوى تربة الشاهد (OM_0Zn_0). وكان لمستوى الزنك المضاف الدور الأكبر في ذلك. وعند نفس المستوى المضاف من الزنك تبين أن التسميد العضوي أدى لزيادة محتوى التربة من الزنك، وتتوافق هذه النتيجة مع ما توصل إليه (Moral *et al.,* 2002) في دراسته على زيادة جاهزية العناصر الصغرى في الترب الكلسية –الجدول (1.2.) في الملحق رقم (2.)-.

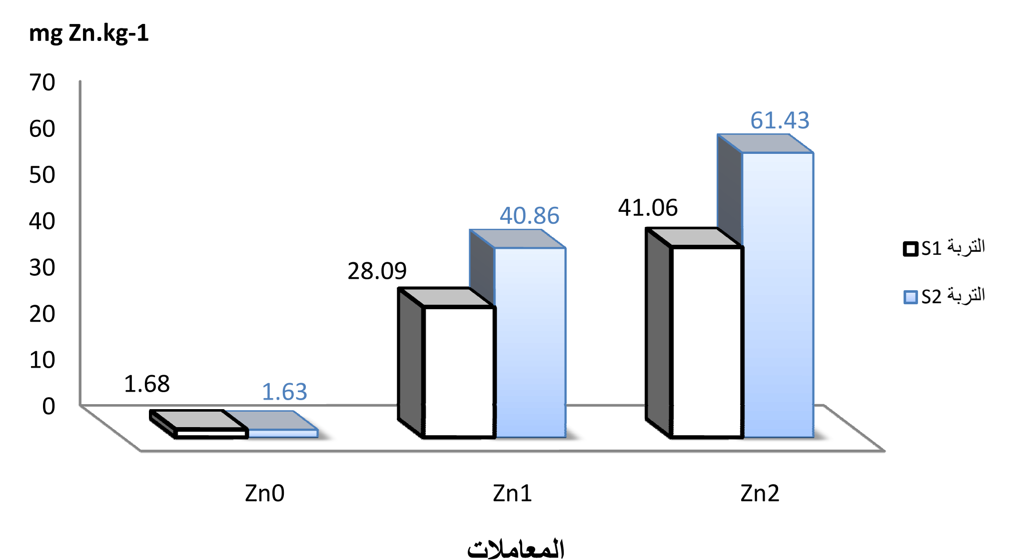
كان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس تأثير معنوي في محتوى التربة من الزنك المتاح، حيث تراوح محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة بين (31.13 $mgZn.kg^{-1}$) في تربة المعاملة OM_0Cu_1، و (39.10 $mgZn.kg^{-1}$) في تربة المعاملة OM_1Cu_0، مقابل (33.85 $mgZn.kg^{-1}$) في تربة الشاهد –الجدول (2.2.) في الملحق رقم (2.)-.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس، لوحظ ارتفاع معنوي في محتوى أغلب المعاملات وارتفاع ظاهري في بعضها الآخر مقارنة مع محتوى تربة الشاهد – الجدول (4.2.) في الملحق رقم (2.)-.

عند مقارنة محتوى التربتين من الزنك القابل للإفادة تبين أن محتوى التربة S_2 ارتفع بفروق معنوية ملموسة على محتوى التربة S_1، وهذا ما يظهره الشكل (3.5.).

الجدول (7.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة

Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	5.73*	3.21**
OM. Zn	ns	2.61*
OM. Cu	ns	2.24*
OM. Zn. Cu	ns	5.39*



الشكل (3.5.). تأثير إضافة الزنك في محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة (موسم 2006-2007)

2.3.5. محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة في نهاية موسم (2007-2008):

يبين الجدول (8.5.) والجدول (9.5.) والملحق (2.) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة في نهاية موسم 2007-2008.

يشير الجدول إلى أنه في التربة S_1 وتحت تأثير إضافة المستويات المدروسة من الزنك لوحظ ارتفاع عالي المعنوية في محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة فلقد ارتفع هذا المحتوى من ($1.96\ mgZn.kg^{-1}$) لدى استخدام المستوى الأول من الزنك (Zn_0) ليصل إلى ($41.02\ mgZn.kg^{-1}$) و ($84.92\ mgZn.kg^{-1}$) لدى استخدام المستويين الثاني (Zn_1) والثالث (Zn_2) على الترتيب.

أدى التسميد العضوي إلى ارتفاع غير معنوي في محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة.

أدت إضافة النحاس إلى انخفاض محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة. فبالمقارنة مع الشاهد، انخفض محتوى تربة المعاملة Cu_2 من الزنك القابل للإفادة بفروق غير معنوية بينما انخفض محتوى تربة المعاملة Cu_1 بفروق معنوية. وقد يكون ذلك على علاقة مع ميكروبات التربة، حيث تبين أن محتوى تربة المعاملة Cu_2 من الزنك القابل للإفادة ($42.73\ mgZn.kg^{-1}$) أعلى من محتوى تربة المعاملة Cu_1 ($40.47\ mgZn.kg^{-1}$) بفروق معنوية.

الجدول (.8.5). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة في نهاية موسم (2007-2008)

Traitements	Zinc ....(mg $Zn.kg^{-1}$)...............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	1.96	2.76	41.02	50.54	84.92	91.85	**3.22****	**4.68****
OM	42.08	46.64	43.50	48.74	42.31	49.77	**ns**	**ns**
Cu	44.70	49.70	40.47	48.21	42.73	47.24	**1.98***	**ns**

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس إلى ارتفاع محتوى تربة المعاملات المضاف إليها الزنك بالمعدل Zn_1, Zn_2 بفروق عالية المعنوية مقارنة مع محتوى تربة الشاهد ($1.13\ mgZn.kg^{-1}$)، حيث احتوت تربة المعاملة Zn_2Cu_2 ($82.55\ mgZn.kg^{-1}$) واحتوت تربة المعاملة Zn_1Cu_1 ($39.62\ mgZn.kg^{-1}$) –الجدول (.7.2) في الملحق رقم (.2)-.

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك إلى إحداث فروق عالية بين محتوى تربة المعاملات بتغير مستوى إضافة الزنك، ورغم أن $LSD_{0.05}= 4.98$ إلا أن هذه الفروق لم تكن معنوية من الوجهة الإحصائية (F pr. = 0.377) –الجدول (.5.2) في الملحق رقم (.2)-.

أحدث الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (.6.2) في الملحق رقم (.2)- انخفاض معنوي في محتوى تربة أغلب المعاملات وانخفاض غير معنوي في بعضها الآخر مقارنة مع محتوى تربة الشاهد ($45.63\ mgZn.kg^{-1}$). فقد انخفض المحتوى من الزنك القابل

للإفادة إلى ($38.77\ mgZn.kg^{1-}$) في تربة المعاملة OM_2Cu_1، مقارنة مع محتوى تربة المعاملة OM_1Cu_1 ($41.46\ mgZn.kg^{1-}$).

لوحظ ارتفاع غير معنوي في محتوى تربة كافة المعاملات المدروسة، تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (8.2.) في الملحق رقم (2.)-.

في التربة S_2: تبين النتائج المتحصل عليها ارتفاع عالي المعنوية في محتوى التربة من الزنك المتاح بزيادة معدل الزنك المضاف، فلقد ارتفع محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة من ($2.76\ mgZn.kg^{1-}$) في المستوى الأول (Zn_0) ليصل إلى ($50.54\ mgZn.kg^{1-}$) و ($91.85\ mgZn.kg^{1-}$) في المستويين الثاني (Zn_1) والثالث (Zn_2) على التوالي.

لوحظ ارتفاع غير معنوي في محتوى التربة من الزنك المتاح بزيادة معدل التسميد العضوي، وبذلك لم يكن لخصائص التربة دور في ذلك حيث كانت الفروق غير معنوية فيما يخص الفعل المتبادل بين التربة والتسميد العضوي.

بزيادة المستوى المضاف من النحاس انخفض محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة بفروق غير معنوية، وربما يكون ذلك عائد إلى زيادة الكمية الممتصة من الزنك مع زيادة المستوى المستخدم من النحاس.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (7.2.) في الملحق رقم (2.)- لوحظ ارتفاع معنوي في أغلب تربة المعاملات المدروسة وارتفاع غير معنوي في بعضها الآخر مقارنة مع محتوى تربة الشاهد من الزنك المتاح. إذ ارتفع محتوى تربة المعاملات المستخدم فيها الزنك بالمستوى الأعلى مقارنة مع محتوى التربة المستخدم فيها الزنك بالمستوى الأقل (الملحق رقم (2.)). حيث ارتفع المحتوى من الزنك المتاح بفروق معنوية في تربة المعاملة Zn_2Cu_1 ($93.07\ mgZn.kg^{1-}$) مقارنة مع ($48.55\ mgZn.kg^{1-}$) في تربة المعاملة Zn_1Cu_1، بينما انخفض محتوى تربة المعاملة Zn_2Cu_2 ($86.63\ mgZn.kg^{1-}$) مقارنة مع تربة المعاملة Zn_2Cu_0 ($95.84\ mgZn.kg^{1-}$).

لم يؤدِ الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك إلى إحداث فروق معنوية في محتوى تربة المعاملات المدروسة من الزنك المتاح رغم الفروق العالية بتغير مستوى إضافة الزنك –الجدول (5.2.) في الملحق رقم (2.)-.

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس إلى ارتفاع غير معنوي في معظم تربة المعاملات المدروسة مقارنة مع محتوى تربة الشاهد –الجدول (6.2.) في الملحق رقم (2.)-.

حيث كان محتوى تربة المعاملة OM_2Cu_2 (50.33 mgZn.kg^{-1})، وفي المعاملة OM_1Cu_1 (48.16 mgZn.kg^{-1}).

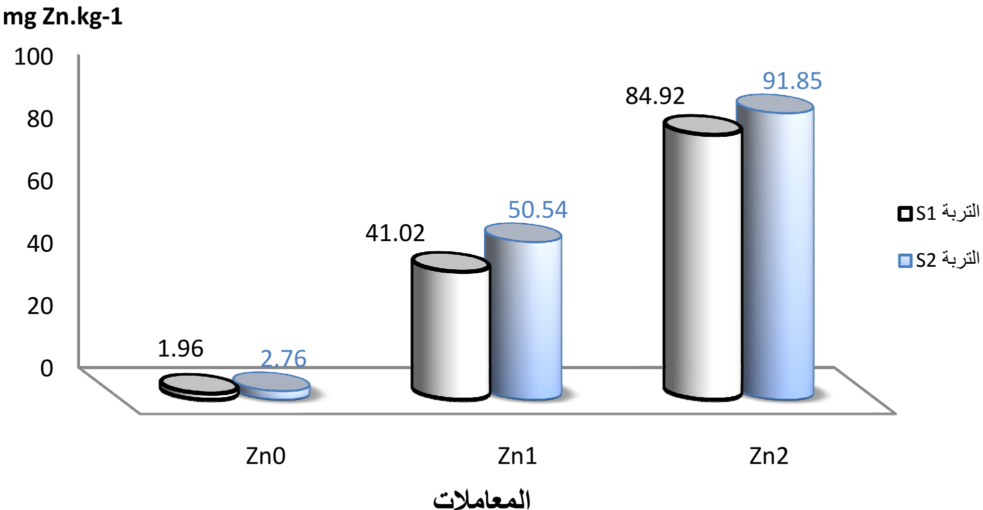
لم يكن لارتفاع محتوى تربة المعاملات المدروسة من الزنك المتاح مقارنة مع محتوى تربة الشاهد، أية دلالة إحصائية، تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس. حيث تراوح محتوى التربة من (1.76 mgZn.kg^{-1}) في تربة الشاهد إلى (97.40 mgZn.kg^{-1}) في تربة المعاملة $OM_2Zn_2Cu_0$ –الجدول (.8.2) في الملحق رقم (.2)-.

الجدول (.9.5). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة

Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	4.12**	6.29*
OM. Zn	ns	ns
OM. Cu	3.63*	ns
OM. Zn. Cu	ns	ns

وعند مقارنة محتوى التربتين من الزنك القابل للإفادة الشكل (.4.5) تبين أن التربة S_1 احتوت وسطياً على (42.63 mgZn.kg^{-1}) بينما احتوت التربة S_2 على (48.38 mgZn.kg^{-1})، وبينت نتائج التحليل الإحصائي أن هذه الفروق غير معنوية.

كما بينت النتائج المتحصل عليها انخفاض عالي المعنوية في محتوى التربة المزروعة بالسبانخ (29.08 mgZn.kg^{-1}) مقارنة مع التربة المزروعة بالخس (45.51 mgZn.kg^{-1})، وهذا عائد على ما يبدو إلى مقدرة النبات على امتصاص الزنك من التربة.



الشكل (4.5.). تأثير إضافة الزنك في محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة
(موسم 2007-2008)

4.5. تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى التربة من النحاس المتاح:

1.4.5. محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة في نهاية موسم (2006-2007):

تبين النتائج المدونة في الجدول (10.5.) والجدول (11.5.) والملحق رقم (2.) تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي والزنك والنحاس في محتوى التربة من النحاس المتاح في نهاية موسم 2006-2007. أنه في التربة S_1 كان لزيادة معدل النحاس المضاف تأثير عالي المعنوية في زيادة محتوى التربة من النحاس المتاح، فلقد ارتفع محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة من ($1.91\ mgCu.kg^{-1}$) عند المستوى الأول للنحاس (Cu_0) ليصل إلى ($15.92\ mgCu.kg^{-1}$) و ($29.74\ mgCu.kg^{-1}$) عند المستوى الثاني (Cu_1) والثالث (Cu_2) للنحاس على الترتيب.

تباين تأثير التسميد العضوي في محتوى التربة من النحاس المتاح مقارنة مع محتوى تربة الشاهد، كما أن هذا التأثير لم يكن معنوياً، حيث أدى التسميد بـ OM_2 إلى ارتفاع غير معنوي في محتوى التربة من النحاس المتاح، وهذا ما يتفق مع ما توصل إليه (Peng *et al.*, 2005). بينما لوحظ انخفاض محتوى التربة من النحاس المتاح في المعاملة OM_1 مقارنة مع محتوى تربة المعدلين OM_2 والشاهد، الأمر الذي يمكن أن يعزى إلى ازدياد النشاط الميكروبي فيها.

لم تؤدِ إضافات الزنك إلى إحداث فروق معنوية بين محتوى تربة المعاملات، حيث أدت إضافة الزنك بمعدل Zn_2 إلى ارتفاع غير معنوي في محتوى التربة من النحاس المتاح مقارنة مع محتوى تربة المعدلين Zn_1 والشاهد.

الجدول (.10.5). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة في نهاية موسم (2006-2007)

Traitements	Cuivre ....(mg Cu.kg^{1-})...............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Cu	1.91	0.70	15.92	23.97	29.74	40.65	**1.54****	**2.13****
OM	16.22	20.69	14.52	20.15	16.83	24.47	**ns**	**ns**
Zn	15.84	20.45	15.39	23.18	16.34	21.68	**ns**	**ns**

كان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (.2.2) في الملحق رقم (.2)- تأثير معنوي في ارتفاع محتوى تربة أغلب المعاملات من النحاس المتاح وارتفاع غير معنوي في بعضها الآخر مقارنة مع محتوى تربة الشاهد، حيث كان لمعدل النحاس المضاف الدور الأكبر في هذا الارتفاع المعنوي. بينما لوحظ انخفاض معنوي ملموس في تربة المعاملة OM_1Cu_2 (26.16 mgCu.kg^{1-}) مقارنة مع محتوى تربة المعاملتين OM_0Cu_2 (30.97 mgCu.kg^{1-})، و OM_2Cu_2 (32.09 mgCu.kg^{1-}).

لم يكن للفعل المتبادل بين الزنك والنحاس تأثير معنوي في ارتفاع محتوى تربة المعاملات المدروسة من النحاس المتاح، وإن هذا الارتفاع عائد إلى المستوى المضاف من النحاس، حيث تراوح محتوى التربة بين (30.35 mgCu.kg^{1-}) في تربة المعاملة Zn_0Cu_2، و (1.23 mgCu.kg^{1-}) في تربة الشاهد (Zn_0Cu_0) –الجدول (.3.2) في الملحق رقم (.2)-.

ولم تلحظ فروق معنوية بين محتوى تربة المعاملات المدروسة من النحاس المتاح بنتيجة تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك، حيث تراوح محتوى التربة من النحاس المتاح بين (13.69 mgCu.kg^{1-}) في تربة المعاملة OM_1Zn_2، و (18.62 mgCu.kg^{1-}) في تربة المعاملة OM_2Zn_2 –الجدول (.1.2) في الملحق رقم (.2)-.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (.4.2) في الملحق رقم (.2)- لم تلحظ فروق معنوية بين محتوى تربة المعاملات المختلفة من النحاس المتاح، وإن الارتفاع الظاهري الملاحظ عائد بشكل أساسي إلى معدل النحاس المضاف، حيث وصل إلى (35.20 mgCu.kg^{1-}) في تربة المعاملة $OM_2Zn_2Cu_2$، مقابل (1.01 mgCu.kg^{1-}) في تربة الشاهد ($OM_0Zn_0Cu_0$).

وفي التربة S_2: أحدثت زيادة إضافة النحاس ارتفاع عالي المعنوية في محتوى التربة S_2 من النحاس المتاح، حيث ارتفع محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة من (0.70 $mgCu.kg^{-1}$) عند المستوى (Cu_0) إلى ($23.97\ mgCu.kg^{-1}$) و ($40.65\ mgCu.kg^{-1}$) عند المستويين (Cu_1) و (Cu_2) على الترتيب.

أدى التسميد العضوي بمعدل OM_2 إلى ارتفاع غير معنوي في محتوى التربة من النحاس المتاح مقارنة مع محتوى تربة المعاملتين (OM_1 و OM_0).

ارتفع محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة عند إضافة المستويات المدروسة من الزنك مقارنة مع محتوى تربة الشاهد بفروق غير معنوية، وربما يكون هذا الارتفاع ناجم عن تأثير العلاقة المتبادلة بين هذين العنصرين في امتصاص النحاس من قبل النبات المزروع.

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (2.2.) في الملحق رقم (2.)- إلى ارتفاع عالي المعنوية في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة حيث ارتفع محتوى تربة المعاملة OM_2Cu_2 ليصل ($41.36\ mgCu.kg^{-1}$) مقارنة مع محتوى تربة المعاملة OM_2Cu_1 ($31.28\ mgCu.kg^{-1}$)، وهذا الأخير كان أعلى من محتوى تربة المعاملة OM_1Cu_1 (20.68 $mgCu.kg^{-1}$).

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس إلى ارتفاع معنوي في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة. وعند المستوى نفسه من النحاس المضاف، لم يكن لمستوى الزنك المضاف دور معنوي في ارتفاع محتوى التربة من النحاس المتاح بفعل تأثير الفعل المتبادل بين Zn و Cu . في حين لوحظ الارتفاع المعنوي في محتوى التربة من النحاس المتاح مع زيادة المستوى المضاف من النحاس، حيث ارتفع محتوى التربة من النحاس المتاح ليصل إلى ($42.40\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة Zn_2Cu_2 بينما كان في تربة المعاملة Zn_0Cu_0 ($0.51\ mgCu.kg^{-1}$) –الجدول (3.2.) في الملحق رقم (2.)-.

لم يكن للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك تأثير معنوي في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة، وتحت تأثير هذا الفعل تراوح محتوى التربة بين ($18.70\ mgCu.kg^{-1}$ في تربة المعاملة OM_1Zn_0، و ($27.67\ mgCu.kg^{-1}$) في تربة المعاملة OM_2Zn_1 مقابل (20.52 $mgCu.kg^{-1}$) في تربة المعاملة OM_0Zn_0 –الجدول (1.2.) في الملحق رقم (2.)-.

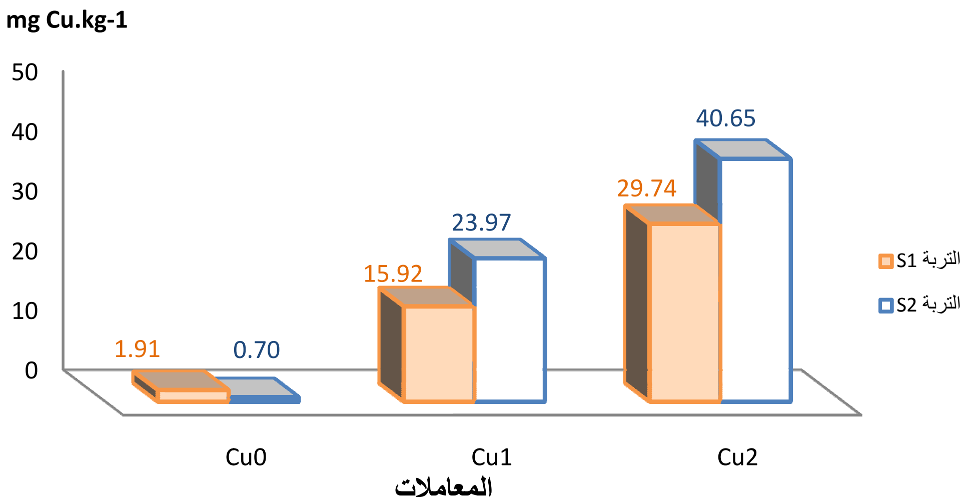
تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (4.2.) في الملحق رقم (2.)- لوحظ ارتفاع معنوي في محتوى تربة المعاملات المستخدم فيها Cu_1, Cu_2 من النحاس المتاح وارتفاع غير معنوي في تربة المعاملات المستخدم فيها Cu_0، مقارنة مع محتوى

تربة الشاهد. إذ احتوت تربة المعاملة $OM_2Zn_2Cu_2$ ($44.46\ mgCu.kg^{1-}$) مقابل ($0.28\ mgCu.kg^{1-}$) في تربة الشاهد ($OM_0Zn_0Cu_0$).

بينت النتائج أن لخصائص التربة تأثير معنوي في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة الشكل (.5.5)، حيث كان محتوى التربة S_2 ($21.77\ mgCu.kg^{1-}$) أعلى معنوياً من محتوى التربة S_1 ($15.85\ mgCu.kg^{1-}$).

الجدول (**11.5**.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة

Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	ns	3.99*
OM. Zn	ns	ns
OM. Cu	2.68*	5.23**
OM. Zn. Cu	ns	7.42*



الشكل (.5.5). تأثير إضافة النحاس في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة (موسم 2006-2007)

2.4.5. محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة في نهاية موسم (2007-2008):

يبين الجدول (.12.5) والجدول (.13.5) والملحق رقم (.2) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي والزنك والنحاس في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة في موسم 2007-2008.

ويتضح من هذا الجدول فيما يخص التربة S_1 أن زيادة معدل النحاس المضاف أدت إلى ارتفاع عالي المعنوية في محتوى التربة من النحاس المتاح، فلقد ارتفع محتوى التربة من النحاس

القابل للإفادة من($1.20\ mgCu.kg^{-1}$) عند المستوى (Cu_0) ليصل إلى ($15.08\ mgCu.kg^{-1}$) و ($31.05\ mgCu.kg^{-1}$) عند المستويين (Cu_1) و (Cu_2) على الترتيب. وتأتي هذه النتيجة متوافقة مع النتائج التي توصل إليها (Bahmanyar, 2008).

أدى التسميد العضوي بمعدل OM_1 إلى ارتفاع محتوى التربة من النحاس المتاح بفروق غير معنوية مقارنة مع محتوى تربة الشاهد، بينما أدى استخدام المستوى OM_2 إلى انخفاض غير معنوي في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة الذي يمكن أن يعزى إلى ميل النحاس الشديد الارتباط مع المادة العضوية في التربة.

أدت إضافات الزنك بالمعدلات المدروسة إلى ارتفاع معنوي في محتوى تربة المعاملة Zn_1 وغير معنوي في محتوى تربة المعاملة Zn_2 من النحاس القابل للإفادة وذلك مقارنة مع محتوى تربة الشاهد.

الجدول (.12.5). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة في موسم (2007-2008)

Traitements	Cuivre ....(mg Cu.kg^{-1})...............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Cu	1.20	1.46	15.08	30.68	31.05	55.25	**1.65****	**2.41****
OM	15.93	31.29	16.09	29.54	15.30	26.56	**ns**	**ns**
Zn	14.53	28.35	17.09	31.77	15.70	27.27	**1.65***	**ns**

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (.6.2) في الملحق رقم (.2)- إلى ارتفاع معنوي في محتوى تربة أغلب المعاملات من النحاس المتاح وارتفاع غير معنوي في بعضها الآخر مقارنة مع محتوى تربة الشاهد ($0.96\ mgCu.kg^{-1}$)، وكان هذا الارتفاع المعنوي عائد إلى المستوى المضاف من النحاس، حيث لوحظ أعلى محتوى من النحاس المتاح في تربة المعاملة OM_0Cu_2 ($33.21\ mgCu.kg^{-1}$).

لم يكن للفعل المتبادل بين الزنك والنحاس تأثير في إحداث فروق معنوية بين المعاملات المدروسة، حيث ارتفع محتوى تربة كافة المعاملات من النحاس القابل للإفادة مع محتوى تربة الشاهد بفروق ظاهرية، ولقد تراوح محتوى تربة المعاملات بين ($33.22\ mgCu.kg^{-1}$) في تربة المعاملة Zn_1Cu_2 إلى ($0.77\ mgCu.kg^{-1}$) في تربة الشاهد (Zn_0Cu_0) –الجدول (.7.2) في الملحق رقم (.2)-.

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (5.2.) في الملحق رقم (2.)- إلى ارتفاع غير معنوي في محتوى تربة كافة المعاملات المدروسة مقارنة مع محتوى تربة الشاهد. حيث تراوح محتوى التربة من النحاس المتاح بين ($17.16\ mgCu.kg^{1-}$) في تربة المعاملة OM_0Zn_1 و ($13.32\ mgCu.kg^{1-}$) في تربة معاملة الشاهد (OM_0Zn_0).

لم يكن للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس تأثير في إحداث فروق معنوية في محتوى التربة من النحاس المتاح –الجدول (13.5.)-.

في التربة S_2: بينت النتائج وجود فروق عالية المعنوية بين المستويات المضافة من النحاس فيما يخص محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة، حيث ارتفع محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة من ($1.46\ mgCu.kg^{1-}$) عند المستوى (Cu_0) ليصل إلى (30.68 $mgCu.kg^{1-}$) و ($55.25\ mgCu.kg^{1-}$) عند المستويين (Cu_1) و (Cu_2) على التوالي.

أدى التسميد العضوي لانخفاض غير معنوي في محتوى التربة من النحاس المتاح، ويمكن تفسير ذلك على ضوء ميل النحاس الشديد الارتباط مع المادة العضوية في التربة وتشكيل معقدات طينية-عضوية للنحاس (Clay-Cu-OM).

تباين تأثير إضافة الزنك في محتوى التربة من النحاس المتاح بين الارتفاع والانخفاض غير المعنوي.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (6.2.) في الملحق رقم (2.)- لم تكن الفروق معنوية بين المعاملات (F pr. = 0.052)، وتراوح محتوى التربة من النحاس المتاح بين ($59.32\ mgCu.kg^{1-}$) في تربة المعاملة OM_0Cu_2 و $1.16\ mgCu.kg^{1-}$) (في تربة الشاهد (OM_0Cu_0).

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (7.2.) في الملحق رقم (2.)- إلى إحداث فروق معنوية بين محتوى التربة من النحاس المتاح ربما نتيجة لتأثير الفعل المتبادل بين هذين العنصرين في امتصاص النبات للنحاس، حيث ارتفع محتوى تربة أغلب المعاملات معنوياً، وبعضها الآخر ظاهرياً مقارنة مع محتوى تربة الشاهد (Zn_0Cu_0) ($1.20\ mgCu.kg^{1-}$)، وكان هذا الارتفاع المعنوي ناجم بشكل أساسي عن المستوى المضاف من النحاس، كما كان لمعدل الزنك Zn_1 دور في ذلك أيضاً، فقد لوحظ أعلى ارتفاع في تربة المعاملة Zn_1Cu_2 (57.74 $mgCu.kg^{1-}$).

لم يكن للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك تأثير في إحداث فروق معنوية في محتوى تربة المعاملات المدروسة من النحاس المتاح –الجدول (13.5.)-.

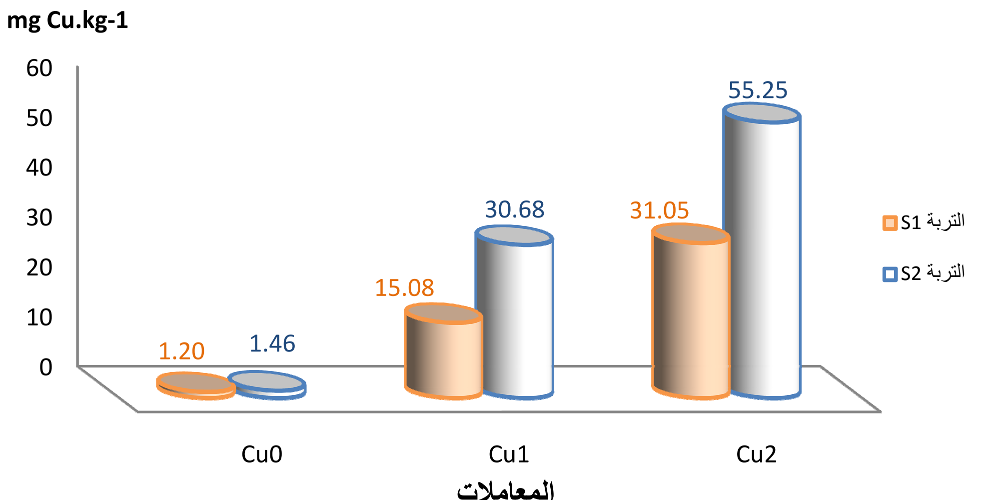
تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس لم تكن الفروق معنوية بين المعاملات المدروسة فيما يتعلق بمحتوى التربة من النحاس القابل للإفادة.

الجدول (13.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة

Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	ns	4.85*
OM. Zn	ns	ns
OM. Cu	2.92*	ns
OM. Zn. Cu	ns	ns

عند مقارنة محتوى التربتين المدروستين من النحاس المتاح الشكل (6.5.) تبين أن محتوى التربة S_2 ($29.13\ mgCu.kg^{-1}$) أعلى معنوياً من محتوى التربة S_1 ($15.77\ mgCu.kg^{-1}$).

إلا أنه وعند مقارنة محتوى التربة من النحاس المتاح بعد زراعتها بالنباتين المدروسين (السبانخ والخس) تبين أن محتوى التربة المزروعة بالخس ($22.45\ mgCu.kg^{-1}$) أعلى ظاهرياً من محتوى التربة المزروعة بالسبانخ ($18.81\ mgCu.kg^{-1}$).



الشكل (6.5.). تأثير إضافة النحاس في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة (موسم 2007-2008)

5.5. تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى النبات من الزنك:

1.5.5. محتوى أوراق نبات السبانخ من الزنك:

يظهر الجدول (14.5.) والجدول (15.5.) والملحق رقم (3.) تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى أوراق نبات السبانخ من الزنك.

ويلاحظ في التربة S_1: أنه بزيادة المعدل المضاف من الزنك ازداد محتوى أوراق السبانخ من الزنك بفروق عالية المعنوية وهذا ما أكدته نتائج الجدول (46.5.) بوجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين محتوى أوراق السبانخ من الزنك ومحتوى التربة من الزنك القابل للإفادة حيث بلغت (R=0.912)، ليرتفع محتوى الأوراق من ($29.73\ mgZn.kg^{1-}$) عند المستوى الأول (Zn_0) ليصل إلى ($151.93\ mgZn.kg^{1-}$) و ($183.48\ mgZn.kg^{1-}$) عند المستويين الثاني (Zn_1) والثالث (Zn_2) مع وجود فروق عالية المعنوية بين المستويات المستخدمة جميعها، تجاوزت الحدود الطبيعية في كافة المعاملات. وهذا ما شابه نتيجة (Pillay et Jonnalagadda, 2007) في دراستهما على نبات السبانخ، كما شابهت دراسة أخرى أجريت على نبات عباد الشمس ونبات ***Hyptis suaveolens*** من قبل (Vasantha pillay *et al.*, 1994).

أدى التسميد العضوي إلى انخفاض في تراكم الزنك في الأوراق حيث انخفض محتوى الأوراق من الزنك من ($126.52\ mgZn.kg^{1-}$) عند المستوى (OM_0) ليصل إلى ($112.88\ mgZn.kg^{1-}$) و ($125.74\ mgZn.kg^{1-}$) عند استخدام المستويين (OM_1) و (OM2) على الترتيب. وتأتي هذه النتيجة متوافقة مع ما توصل إليه (Singh et Agrawal, 2007) عند دراستهما لتأثير المادة العضوية على تراكم المعادن الثقيلة في نبات السلق حيث بينت هذه الدراسة تراكم لمعظم المعادن الثقيلة في المجموع الجذري أكثر منه في المجموع الخضري.

لم يكن لإضافات النحاس تأثير في إحداث فروق معنوية في تراكم محتوى أوراق السبانخ من الزنك، حيث لوحظ ارتفاع غير معنوي عند المستوى (Cu_2) مقارنة مع محتوى أوراق المستوى (Cu_0).

الجدول (.14.5). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى أوراق نبات السبانخ من الزنك

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{1-})...............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	29.73	57.33	151.93	192.15	183.48	211.43	**2.22****	**1.85****
OM	126.52	162.63	112.88	152.46	125.74	145.81	**3.31****	**2.33****
Cu	122.24	160.37	120.48	150.54	122.42	150.00	**ns**	**1.47***

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك إلى إحداث فروق عالية المعنوية في تراكم الزنك في أوراق المعاملات المختلفة، وتجلى التأثير الأكبر لهذا التراكم بالمستوى المضاف من الزنك. وعند المستوى المضاف Zn_2 لوحظ بأن للتسميد العضوي (OM_1, OM_2) دور معنوي في خفض تراكم الزنك في الأوراق مقارنة مع محتوى أوراق المعاملة OM_0Zn_2 (199.01 mgZn.kg^{1-})، مقابل (26.17 mgZn.kg^{1-}) في أوراق الشاهد –الجدول (.1.3) في الملحق رقم (.3)-.

انخفض محتوى أوراق السبانخ من الزنك تحت تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس، حيث بلغ هذا المحتوى (23.60 mgZn.kg^{1-}) في أوراق المعاملة Zn_0Cu_1، بينما كان مساوياً لـ (34.19 mgZn.kg^{1-}) في المعاملة Zn_0Cu_0. كما انخفض التراكم معنوياً في أوراق المعاملة Zn_2Cu_1 (177.48 mgZn.kg^{1-}) مقارنة مع Zn_2Cu_0 (185.92 mgZn.kg^{1-}) –الجدول (.3.3) في الملحق رقم (.3)-.

كان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (.2.3) في الملحق رقم (.3)- تأثير عالي المعنوية في إحداث فروق بين تراكمات أوراق المعاملات المختلفة، إذ تجلى التراكم الأقل في أوراق السبانخ في المعاملة OM_1Cu_1 (108.92 mgZn.kg^{1-}) بينما التراكم الأعلى كان في أوراق المعاملة OM_0Cu_2 (133.25 mgZn.kg^{1-}) مقابل (122.61 mgZn.kg^{1-}) في أوراق الشاهد (OM_0Cu_0). كما أنه أدت إضافة النحاس بدون تسميد عضوي إلى زيادة في محتوى أوراق السبانخ من الزنك، بينما أدى التسميد العضوي (OM_2) إلى انخفاض محتوى الأوراق بزيادة المستوى المضاف من النحاس.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (4.3.) في الملحق رقم (3.)- لوحظت فروق عالية المعنوية بين تراكمات أوراق السبانخ للزنك. حيث ازداد تركم الزنك معنوياً في أوراق المعاملات المستخدم فيها الزنك بالمستوى Zn_1, Zn_2 مقارنة مع محتوى أوراق الشاهد. بينما انخفض المحتوى معنوياً في أوراق المعاملة $OM_0Zn_0Cu_1$ (21.24 $mgZn.kg^{1-}$) مقارنة مع محتوى أوراق الشاهد (28.20 $mgZn.kg^{1-}$). كما انخفض التراكم المعنوي في أوراق المعاملة $OM_2Zn_2Cu_2$ (163.87 $mgZn.kg^{1-}$) مقارنة مع محتوى أوراق المعاملة $OM_1Zn_2Cu_2$ (173.75 $mgZn.kg^{1-}$)، وهذا المحتوى بدوره انخفض معنوياً مقارنة مع محتوى أوراق المعاملة $OM_0Zn_2Cu_2$ (223.49 $mgZn.kg^{1-}$).

وفي التربة S_2: بينت النتائج أن إضافات الزنك أدت إلى زيادة عالية المعنوية في تراكم الزنك في أوراق السبانخ بزيادة المعدل المضاف متجاوزة بذلك الحدود الطبيعية، حيث ارتفع محتوى الأوراق معنوياً عند المستوى Zn_2 ليصل إلى (211.43 $mgZn.kg^{1-}$) مقارنة مع محتوى أوراق كلٍ من المستويين (Zn_1 و Zn_0). كما ارتفع محتوى الأوراق من الزنك عند المستوى Zn_1 على محتوى الأوراق عند المستوى Zn_0. وقد بينت نتائج تحليل ارتباط الجدول (47.5.) وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين محتوى التربة من الزنك المتاح ومحتوى أوراق السبانخ من هذا العنصر، وتتوافق هذه النتيجة مع نتائج الدراسة التي أجراها (Huszcza-Ciolkowska et Zawartka, 2003) والتي أشارت إلى وجود علاقة إيجابية بين محتوى التربة من الزنك والنحاس ومحتوى نبات الشعير من هذين العنصرين.

لقد أدى التسميد العضوي إلى خفض تراكم الزنك في الأوراق بفروق عالية المعنوية، حيث انخفض محتوى الأوراق من الزنك من (162.63 $mgZn.kg^{1-}$) عند المستوى OM_0 ليصل إلى (152.46 $mgZn.kg^{1-}$) و (145.81 $mgZn.kg^{1-}$) عند المستويين OM_1 و OM_2 على الترتيب.

أدت إضافة النحاس بمعدلاته المختلفة إلى خفض محتوى أوراق السبانخ من الزنك، حيث انخفض محتوى الأوراق من الزنك عند المستويين Cu_1, Cu_2 معنوياً مقارنة مع المستوى Cu_0. بينما لوحظ انخفاض غير معنوي في محتوى الأوراق عند المستوى Cu_2 مقارنة مع محتوى الأوراق عند المستوى Cu_1.

عند المعدل المضاف نفسه من الزنك لوحظ أن للمادة العضوية دور في خفض تراكم الزنك في الأوراق، حيث بلغ محتوى الأوراق من الزنك (170.71 $mgZn.kg^{-1}$) في المعاملة OM_2Zn_1، و (192.27 $mgZn.kg^{-1}$) في المعاملة OM_1Zn_1، و (213.46 $mgZn.kg^{-1}$) في المعاملة OM_0Zn_1 –الجدول (1.3.) في الملحق رقم (3.)-.

عند نفس المستوى المضاف من الزنك Zn_2 كان للنحاس المضاف تأثير معنوي في خفض تراكم الزنك في الأوراق، ليصل إلى (205.15 $mgZn.kg^{-1}$) في المعاملة Zn_2Cu_2 مقارنة مع (223.66 $mgZn.kg^{-1}$) في المعاملة Zn_2Cu_0، و (68.65 $mgZn.kg^{-1}$) في أوراق المعاملة Zn_0Cu_0 –الجدول (3.3.) في الملحق رقم (3.)-.

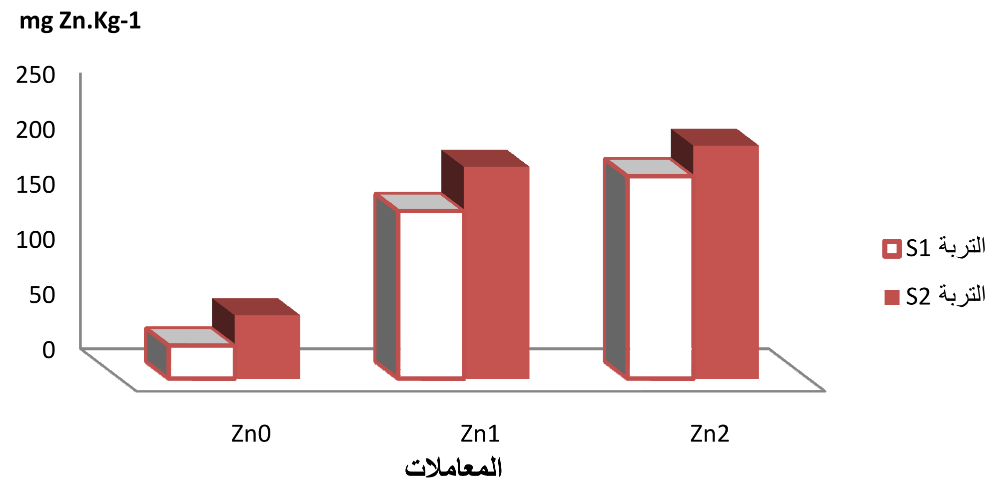
كان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (2.3.) في الملحق رقم (3.)- تأثير عالي المعنوية في انخفاض محتوى أوراق السبانخ من الزنك في معظم المعاملات المدروسة مقارنة مع محتوى أوراق الشاهد. فعند المستوى المضاف نفسه من السماد العضوي لوحظ أن لزيادة المستوى المضاف من النحاس تأثير معنوي في خفض تراكم الزنك في الأوراق. حيث انخفض محتوى الأوراق من الزنك في المعاملة OM_1Cu_2 ليصل إلى (146.70 $mgZn.kg^{-1}$) بالمقارنة مع محتوى الأوراق في المعاملة OM_1Cu_1 (152.60 $mgZn.kg^{-1}$) وفي المعاملة M_1Cu_0 (158.09 $mgZn.kg^{-1}$).

تشير النتائج إلى جود تأثير معنوي للفعل المتبادل بين التسميد العضوي وإضافة الزنك والنحاس في محتوى أوراق السبانخ من الزنك –الجدول (4.3.) في الملحق رقم (3.)- ولقد تراوح محتوى أوراق السبانخ بين (37.14 $mgZn.kg^{-1}$) في المعاملة $OM_0Zn_0Cu_1$ و (233.56 $mgZn.kg^{-1}$) في المعاملة $OM_0Zn_2Cu_0$. ولقد لوحظ انخفاض معنوي في محتوى أوراق المعاملة $OM_2Zn_2Cu_2$ (209.43 $mgZn.kg^{-1}$) مقارنة مع محتوى أوراق المعاملة $OM_1Zn_2Cu_1$ (211.61 $mgZn.kg^{-1}$).

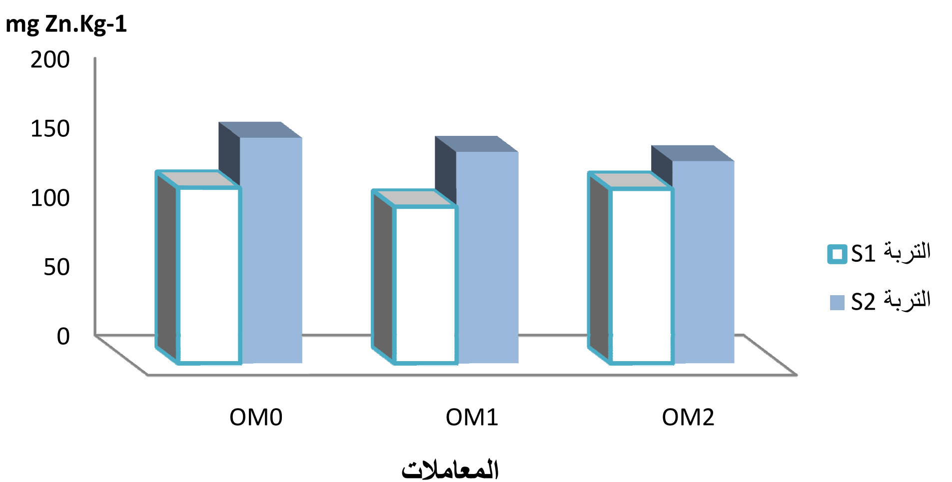
وعند دراسة تأثير التربة المستخدمة في محتوى أوراق السبانخ من الزنك بينت نتائج التحليل أن محتوى أوراق السبانخ المزروع في التربة S_2 أعلى معنوياً (153.63 $mgZn.kg^{-1}$) من محتوى أوراق السبانخ المزروع في التربة S_1 (121.71 $mgZn.kg^{-1}$)، وهذه ما تبينه الأشكال (1.7.5. ، 2.7.5. ، 3.7.5.).

الجدول (15.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في محتوى أوراق السبانخ من الزنك

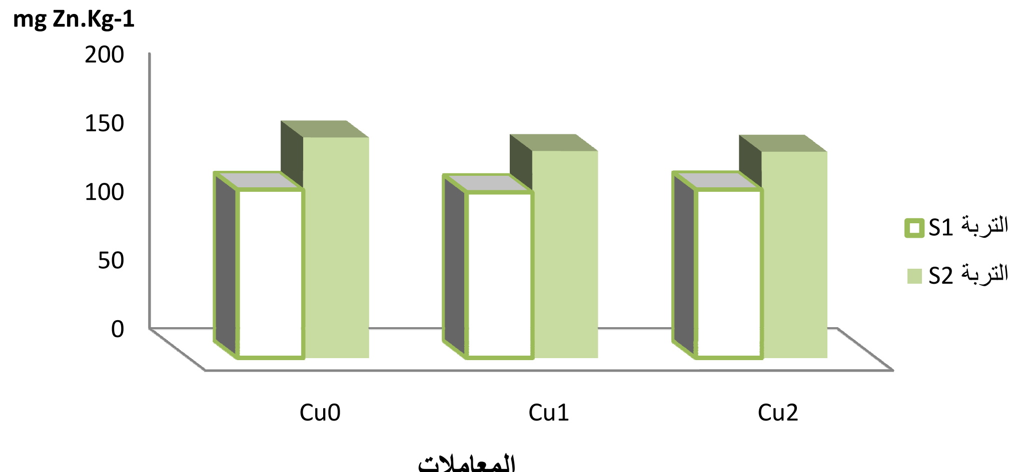
Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	3.64**	2.68**
OM. Zn	4.01**	3.12**
OM. Cu	3.98**	2.76**
OM. Zn. Cu	6.42**	4.62**



الشكل (1.7.5.). تأثير إضافة الزنك في محتوى أوراق السبانخ من هذا العنصر



الشكل (2.7.5.). تأثير التسميد العضوي في محتوى أوراق السبانخ من الزنك



الشكل (3.7.5.). تأثير مستويات النحاس في محتوى أوراق السبانخ من الزنك

2.5.5. محتوى أوراق نبات الخس من الزنك:

يبين الجدول (16.5.) والجدول (17.5.) والملحق رقم (3.) محتوى أوراق الخس من الزنك تحت تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس.

في التربة S_1: أدت زيادة مستوى الزنك المضاف إلى زيادة معنوية في محتوى أوراق الخس من الزنك إلا أن هذا المحتوى بقي ضمن الحدود الطبيعية. فقد وصل محتوى الأوراق من الزنك إلى ($33.85\ mgZn.kg^{-1}$) عند المستوى Zn_2 مقابل ($17.01\ mgZn.kg^{-1}$) عند المستوى Zn_0. وهذا يتوافق مع ما توصل إليه (Pillay et Jonnalagadda, 2007) من حيث ارتفاع محتوى أوراق الخس من الزنك مع زيادة المعدل المضاف. وقد بينت نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (48.5.)- وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين محتوى التربة من الزنك المتاح ومحتوى أوراق الخس من هذا العنصر، إلا أن قيمة هذه العلاقة كانت في السبانخ أعلى منها في الخس.

أدى التسميد العضوي (OM_1, OM_2) إلى انخفاض عالي المعنوية في محتوى أوراق الخس من الزنك مقارنة مع محتوى أوراق الشاهد (OM_0).

كان لزيادة المستوى المضاف من النحاس تأثير عالي المعنوية على محتوى أوراق الخس من الزنك حيث ارتفع هذا المحتوى معنوياً تحت تأثير المستويين Cu_1, Cu_2 مقارنة بالمستوى Cu_0، كما ارتفع محتوى الأوراق من الزنك معنوياً عند المستوى Cu_2 مقارنة بالمستوى Cu_1. ولقد لاحظ (Tani et Barrington, 2005) أيضاً وجود تأثير تآزري للنحاس على الزنك.

الجدول (16.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى أوراق نبات الخس من الزنك

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg1-)...............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	17.01	35.22	27.18	85.14	33.85	85.81	**0.92****	**3.02****
OM	29.73	81.65	23.12	64.94	25.19	59.57	**0.59****	**1.02****
Cu	24.40	79.54	26.02	63.70	27.62	62.92	**0.72****	**1.29****

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك لوحظت فروق عالية المعنوية في محتوى أوراق الخس من الزنك. فعند المستوى نفسه من الزنك لوحظ بأن التسميد العضوي يساهم في خفض محتوى الأوراق من الزنك. حيث انخفض محتوى الأوراق إلى (29.87 mgZn.kg1-) في المعاملة OM_2Zn_2 مقارنة بـ (31.37 mgZn.kg1-) في المعاملة OM_1Zn_2 وبـ (40.31 mgZn.kg1-) في المعاملة OM_0Zn_2 –الجدول (5.3.) في الملحق رقم (3.)-.

أدى الفعل المتبادل بن الزنك والنحاس –الجدول (7.3.) في الملحق رقم (3.)- إلى ارتفاع عالي المعنوية في محتوى الأوراق من الزنك في معظم المعاملات مقارنة مع محتوى أوراق الشاهد (Zn_0Cu_0). ولقد لوحظ أعلى محتوى للأوراق من الزنك في المعاملة Zn_2Cu_2 (37.81 mgZn.kg1-). وعند إضافة (100 mg.kg1-) من كل من الزنك والنحاس تبين ارتفاع محتوى أوراق المعاملة Zn_1Cu_2 (30.23 mgZn.kg1-) معنوياً على محتوى أوراق المعاملة Zn_1Cu_0 (27.63 mgZn.kg1-)، وهذا المحتوى ارتفع معنوياً مع محتوى أوراق Zn_0Cu_2 (14.84 mgZn.kg1-).

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (6.3.) في الملحق رقم (3.)- إلى إحداث فروق عالية المعنوية بين أوراق المعاملات المدروسة. ولقد كان تأثير النحاس في الفعل المتبادل (OM-Cu) مرتبط بمستوى الإضافة من السماد العضوي، فبغياب التسميد لوحظ زيادة في محتوى الأوراق من الزنك بزيادة مستوى إضافة النحاس حيث ارتفع معنوياً محتوى أوراق المعاملة OM_0Cu_2 (38.37 mgZn.kg1-) مقارنة مع محتوى أوراق الشاهد (OM_0Cu_0) (25.15 mgZn.kg1-). أما عند التسميد (OM_1) فلقد لوحظ أن زيادة معدل النحاس المضاف أدت لانخفاض في محتوى الأوراق من الزنك إذ لوحظ انخفاض محتوى أوراق

المعاملةOM_1Cu_2 (21.64 mgZn.kg^{1-}) معنوياً مقارنة مع محتوى أوراق المعاملة OM_1Cu_0 (23.93 mgZn.kg^{1-}).

بينت النتائج وجود تأثير عالي المعنوية للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس حيث تراوح محتوى الأوراق بين (6.73 mgZn.kg^{1-}) في المعاملة $OM_1Zn_0Cu_2$ و 39.92 (mgZn.kg^{1-}) في المعاملة $OM_2Zn_2Cu_1$، مقابل (16.66 mgZn.kg^{1-}) في الشاهد ($OM_0Zn_0Cu_0$) –الجدول (8.3.) في الملحق رقم (3.)-.

وفي التربة S_2: أدت إضافات الزنك إلى إحداث فروق عالية المعنوية بين المعاملات في محتوى أوراق الخس من الزنك، حيث لوحظ ارتفاع محتوى الأوراق من الزنك عند المستوى Zn_1, Zn_2 مقارنة مع المستوى Zn_0 (35.22 mgZn.kg^{1-}). ورغم ارتفاع محتوى الأوراق عند المستوى Zn_2 (85.81 mgZn.kg^{1-}) مقارنة مع المستوى Zn_1 إلا أن هذا الارتفاع لم يكن معنوياً.

أدى التسميد العضوي إلى إحداث فروق عالية المعنوية بين المعاملات في محتوى أوراق الخس من الزنك، حيث لوحظ انخفاض معنوي في محتوى الأوراق من الزنك بزيادة مستوى التسميد العضوي، فلقد انخفض محتوى الأوراق عند استخدام المستويين OM_1, OM_2 مقارنة مع المستوى OM_0. كما انخفض محتوى الأوراق من الزنك عند استخدام المستوى OM_2 مقارنة مع المستوى OM_1.

أدت إضافة النحاس بمعدل Cu_1, Cu_2 إلى انخفاض عالي المعنوية في محتوى أوراق الخس من الزنك مقارنة مع محتوى الأوراق عند المستوى Cu_0. لوحظ انه عند المستوى نفسه من الزنك Zn_2 كان للتسميد العضوي تأثير معنوي في خفض محتوى أوراق الخس من الزنك. حيث انخفض محتوى الأوراق في المعاملة OM_2Zn_2 ليبلغ (75.24 mgZn.kg^{1-}) مقارنة مع محتوى الأوراق في المعاملة OM_0Zn_2 (91.87 mgZn.kg^{1-}) وفي المعاملة OM_0Zn_0 (34.48 mgZn.kg^{1-}) –الجدول (5.3.) في الملحق رقم (3.)-.

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (7.3.) في الملحق رقم (3.)- إلى إحداث فروق عالية المعنوية بين المعاملات في محتوى أوراق الخس من الزنك. ولوحظ انخفاض في محتوى الأوراق من الزنك بزيادة المعدل المضاف من النحاس عند نفس مستوى الإضافة من

الزنك. حيث انخفض معنوياً محتوى الأوراق من الزنك في المعاملة Zn_2Cu_2 (73.54 $mgZn.kg^{-1}$) مقارنة مع محتوى الأوراق في المعاملة Zn_2Cu_1 (78.16 $mgZn.kg^{-1}$)، وهذا المحتوى انخفض بدوره معنوياً مقارنة مع محتوى الأوراق في المعاملة Zn_2Cu_0 (105.73 $mgZn.kg^{-1}$).

كان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (6.3.) في الملحق رقم (3.)- تأثير عالي المعنوية في محتوى أوراق الخس من الزنك بين المعاملات المدروسة. فعند المستوى نفسه من النحاس أدت زيادة التسميد العضوي لانخفاض معنوي في محتوى أوراق الخس من الزنك، إذ انخفض محتوى الأوراق في المعاملة OM_2Cu_2 (42.15 $mgZn.kg^{-1}$) معنوياً مقارنة مع المعاملة OM_1Cu_2 (58.37 $mgZn.kg^{-1}$)، هذا انخفض بدوره معنوياً مقارنة مع محتوى الأوراق في المعاملة OM_0Cu_2 (88.25 $mgZn.kg^{-1}$).

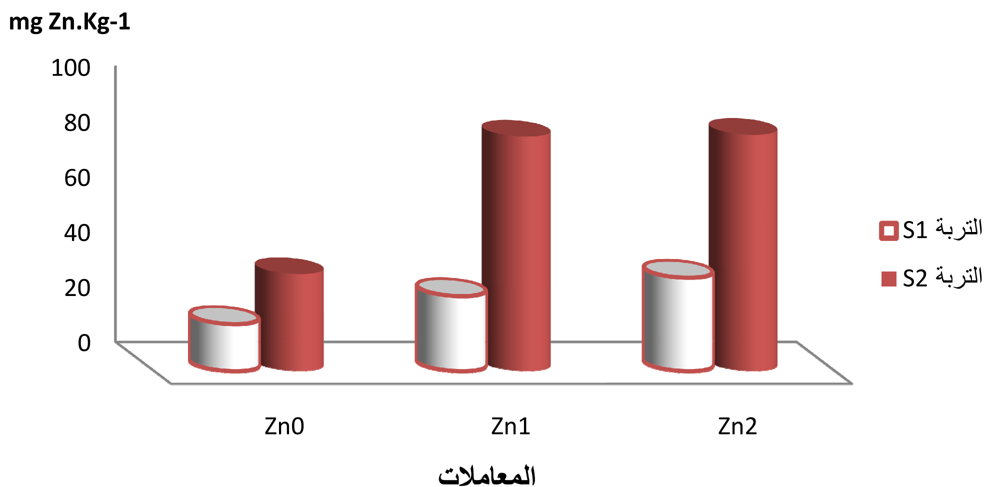
تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (8.3.) في الملحق رقم (3.)- لوحظت فروق عالية المعنوية بين المعاملات المختلفة في محتوى الأوراق من الزنك. حيث لوحظ انخفاض معنوي في محتوى الأوراق من الزنك في المعاملة $OM_1Zn_0Cu_2$ (20.49 $mgZn.kg^{-1}$) وذلك بالمقارنة مع محتوى أوراق المعاملة $OM_0Zn_0Cu_0$ (27.60 $mgZn.kg^{-1}$). وانخفض محتوى الأوراق في المعاملة $OM_2Zn_1Cu_2$ (45.76 $mgZn.kg^{-1}$) معنوياً مقارنة مع محتوى الأوراق في المعاملة $OM_1Zn_1Cu_2$ (72.74 $mgZn.kg^{-1}$) وهذا المحتوى انخفض بدوره مقارنة مع المحتوى في المعاملة $OM_0Zn_1Cu_2$ (141.21 $mgZn.kg^{-1}$).

الجدول (17.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في محتوى أوراق السبانخ من الزنك

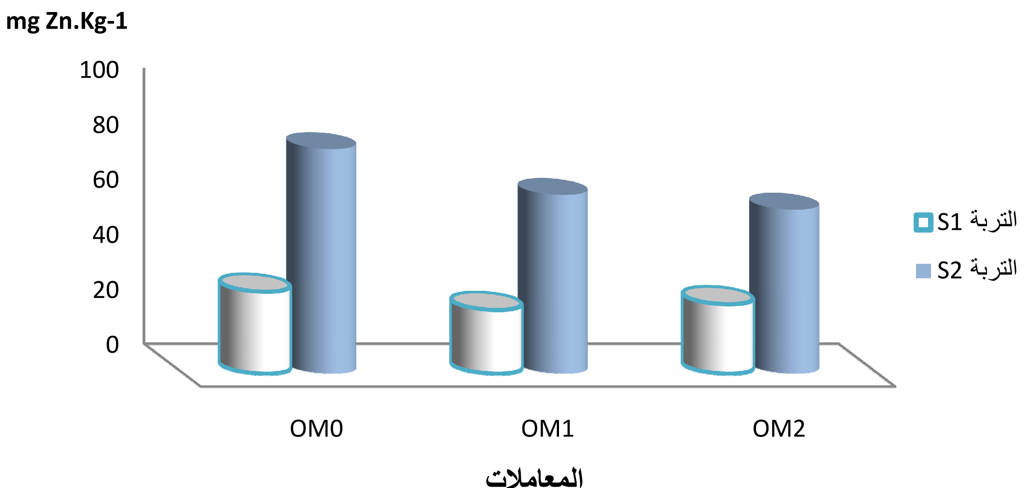
Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	1.33**	3.42**
OM. Zn	1.36**	4.31**
OM. Cu	1.10**	1.97**
OM. Zn. Cu	2.16**	5.17**

بينت نتائج التحليل الإحصائي أن لخصائص التربة تأثير في محتوى أوراق الخس من الزنك، حيث تبين أن محتوى أوراق نباتات الخس المزروعة في التربة S_2 ($68.72\ mgZn.kg^{-1}$) أعلى معنوياً من محتوى أوراق الخس المزروع في التربة S_1 ($26.01\ mgZn.kg^{-1}$)، وهذا ما تظهره الأشكال (1.8.5. ، 2.8.5. ، 3.8.5.).

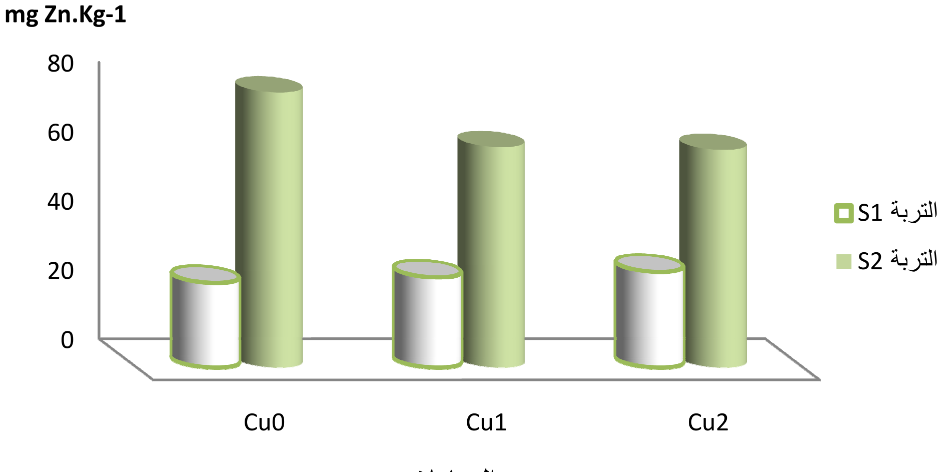
وعند مقارنة محتوى أوراق النباتين المدروسين من الزنك تبين أن محتوى أوراق السبانخ من هذا العنصر ($137.67\ mgZn.kg^{-1}$) أعلى بفروق عالية المعنوية من محتوى أوراق الخس ($47.37\ mgZn.kg^{-1}$).



الشكل (1.8.5.). تأثير إضافة الزنك في محتوى أوراق الخس من هذا العنصر



الشكل (2.8.5.). تأثير التسميد العضوي في محتوى أوراق الخس من الزنك



الشكل (.3.8.5). تأثير إضافة النحاس في محتوى أوراق الخس من الزنك

6.5. تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى النبات من النحاس:

1.6.5. محتوى أوراق نبات السبانخ من النحاس:

يبين الجدول (.18.5) والجدول (.19.5) والملحق رقم (.3) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى أوراق السبانخ من النحاس.

ويتضح من هذا الجدول أن محتوى الأوراق من النحاس قد ارتفع معنوياً بتأثير إضافة النحاس حيث ارتفع هذا المحتوى من ($11.70\ mgCu.kg^{-1}$) عند المستوى Cu_0 إلى ($22.58\ mgCu.kg^{-1}$) و ($23.55\ mgCu.kg^{-1}$) عند المستويين الثاني Cu_1 والثالث Cu_2 من النحاس، ولقد كانت الفروق عالية المعنوية بين كافة المستويات المستخدمة من النحاس. ولقد تجاوز محتوى الأوراق من هذا العنصر الحدود الطبيعية عند استخدام المستويين Cu_1, Cu_2. وبينت نتائج تحليل الارتباط –الجدول (.46.5)- وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين محتوى التربة من النحاس المتاح ومحتوى أوراق السبانخ من هذا العنصر.

تبين النتائج أيضاً أن للتسميد العضوي تأثير عالي المعنوية في محتوى أوراق السبانخ من النحاس، حيث انخفض هذا المحتوى تحت تأثير إضافة النحاس. وتأتي هذه النتيجة متوافقة مع نتائج (Alva *et al.*, 2005) و (Paillay et Jonnalagadda, 2007) ولقد انخفض في محتوى الأوراق من النحاس عند المستوى OM_2 بفروق معنوية مقارنة مع محتوى الأوراق

من هذا العنصر عند المستويين (OM_1 و OM_0). كما انخفض محتوى الأوراق من النحاس معنوياً عند المستوى OM_1 مقارنة مع محتوى الأوراق عند المستوى OM_0.

أدت الإضافات المختلفة من الزنك إلى انخفاض عالي المعنوية في محتوى الأوراق من النحاس وقد يكون ذلك نتيجة لعلاقة التضاد حيث انخفض محتوى الأوراق من النحاس عند المستوى Zn_2 بفروق معنوية مقارنة مع محتوى الأوراق عند المستوى Zn_0. ولقد وجد (Tani et Barrington, 2005) أن للزنك تأثير سلبي على امتصاص النحاس من قبل نباتات القمح.

الجدول (.18.5). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى أوراق نبات السبانخ من النحاس

Traitements	Cuivre ....(mg Cu.kg^{1-})...............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Cu	11.70	8.34	22.58	26.21	23.55	32.88	**0.32****	**0.59****
OM	23.83	22.67	17.62	24.90	16.39	19.87	**0.80****	**0.81****
Zn	21.46	25.37	16.12	19.83	20.26	22.24	**0.30****	**0.70****

كان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (.2.3) في الملحق رقم (.3)- تأثير عالي المعنوية في إحداث فروق بين المعاملات من حيث محتوى الأوراق من النحاس. فعند المستوى المضاف نفسه من النحاس لوحظ بأن للتسميد العضوي تأثير معنوي في خفض محتوى الأوراق من النحاس، حيث انخفض محتوى الأوراق معنوياً في المعاملة OM_2Cu_1 ليبلغ (17.06 mgCu.kg^{1-}) مقارنة مع (21.81 mgCu.kg^{1-}) في المعاملة OM_1Cu_1، وهذا المحتوى انخفض بدوره مقارنة مع OM_0Cu_1 (28.88 mgCu.kg^{1-}).

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (.3.3) في الملحق (.3)- إلى إحداث فروق عالية المعنوية بين المعاملات في محتوى أوراق السبانخ من النحاس. فعند نفس المستوى من النحاس أدت إضافة الزنك بالمستوى Zn_1 إلى انخفاض معنوي في محتوى الأوراق من النحاس مقارنة مع مستويي الزنك Zn_0, Zn_2 حيث لوحظ انخفاض معنوي في محتوى أوراق المعاملة Zn_1Cu_2 (21.06 mgCu.kg^{1-}) مقارنة مع محتوى أوراق المعاملتين Zn_0Cu_2 (26.33 mgCu.kg^{1-}) و Zn_2Cu_2 (23.26 mgCu.kg^{1-}).

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (1.3.) في الملحق رقم (3.)- إلى إحداث فروق عالية المعنوية بين المعاملات في محتوى الأوراق من النحاس حيث لوحظ انخفاض معنوي في محتوى الأوراق من النحاس في معظم المعاملات. وعند المستوى نفسه من التسميد العضوي OM_1, OM_2 لوحظ أن لزيادة الزنك المضاف تأثير معنوي في انخفاض محتوى الأوراق من النحاس، حيث انخفض محتوى الأوراق في المعاملة OM_1Zn_2 (14.61 $mgCu.kg^{1-}$) مقارنة مع المعاملة OM_1Zn_0 (23.55 $mgCu.kg^{1-}$) .

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (4.3.) في الملحق رقم (3.)- لوحظت فروق عالية المعنوية في محتوى أوراق المعاملات من النحاس. حيث تراوح محتوى الأوراق من (8.05 $mgCu.kg^{1-}$) في المعاملة $OM_2Zn_1Cu_0$ إلى (45.69 $mgCu.kg^{1-}$) في المعاملة $OM_0Zn_2Cu_1$، مقابل (16.88 $mgCu.kg^{1-}$) في الشاهد ($OM_0Zn_0Cu_0$). عند نفس المستوى من الزنك والنحاس أدى التسميد إلى انخفاض محتوى الأوراق من النحاس، حيث انخفض محتوى أوراق المعاملتين $OM_1Zn_2Cu_1$, $OM_2Zn_2Cu_1$ مقارنة مع محتوى أوراق المعاملة $OM_0Zn_2Cu_1$.

في التربة S_2: عند دراسة تأثير إضافة مستويات مختلفة من النحاس في محتوى أوراق السبانخ منه تبين أنه بزيادة المعدل المضاف ازداد محتوى الأوراق من النحاس حيث ارتفع المحتوى بفروق عالية المعنوية عند استخدام المستويين Cu_1, Cu_2 مقارنة مع المستوى Cu_0، ولقد تجاوز هذا المحتوى الحدود الطبيعية لمحتوى النبات من النحاس.

أدى التسميد العضوي إلى إحداث فروق عالية المعنوية بين المعاملات في محتوى أوراق السبانخ من النحاس، إذ انخفض محتوى الأوراق من النحاس لدى استخدام المستوى OM_2 بفروق معنوية مقارنة مع محتوى الأوراق من هذا العنصر لدى استخدام المستويين OM_1 و OM_0.

أدت معدلات الإضافة من الزنك إلى انخفاض عالي المعنوية في محتوى أوراق السبانخ من النحاس مقارنة مع محتوى أوراق الشاهد. أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي وإضافة النحاس إلى انخفاض في محتوى أوراق السبانخ من هذا العنصر فلقد لوحظ انخفاض معنوي في المعاملة OM_2Cu_0 (5.99 $mgCu.kg^{1-}$) مقارنة مع محتوى الأوراق في المعاملة OM_0Cu_0

($8.64\ mgCu.kg^{-1}$). كما لوحظ انخفاض معنوي في المعاملة OM_2Cu_1 ($26.36\ mgCu.kg^{-1}$) مقارنة مع محتوى الأوراق في المعاملة OM_0Cu_1 ($27.91\ mgCu.kg^{-1}$) – الجدول (2.3.) في الملحق رقم (3.)-.

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (3.3.) في الملحق رقم (3.)- إلى إحداث فروق عالية المعنوية في محتوى أوراق السبانخ من النحاس. فعند المستوى نفسه من النحاس أدى استخدام المستوى Zn_1 إلى انخفاض في محتوى الأوراق من النحاس مقارنة مع المستوى Zn_0. حيث انخفض محتوى الأوراق من النحاس في المعاملة Zn_1Cu_2 ليبلغ ($27.08\ mgCu.kg^{-1}$) مقارنة مع ($40.82\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة Zn_0Cu_2.

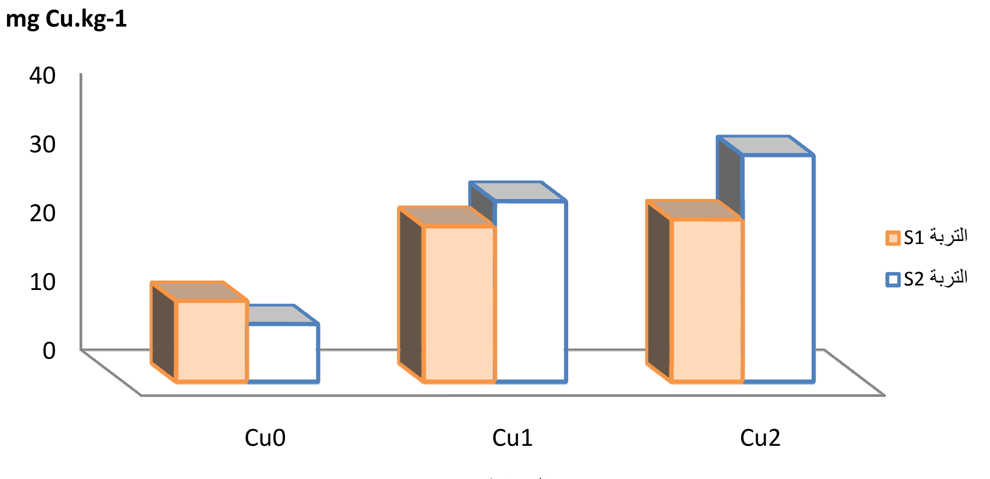
أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (1.3.) في الملحق رقم (3.)- إلى انخفاض معنوي في محتوى أوراق أغلب المعاملات مقارنة مع محتوى أوراق الشاهد. حيث انخفض محتوى الأوراق في المعاملتين OM_2Zn_1 ($18.47\ mgCu.kg^{-1}$) و OM_2Zn_0 ($17.82\ mgCu.kg^{-1}$) مقارنة مع ($23.31\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة OM_2Zn_2.

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس إلى إحداث فروق عالية المعنوي بين أوراق المعاملات من النحاس. ولقد تراوح محتوى الأوراق من النحاس بين ($4.91\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة $OM_2Zn_1Cu_0$ و ($61.25\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة $OM_1Zn_0Cu_2$ –الجدول (4.3.) في الملحق رقم (3.)-.

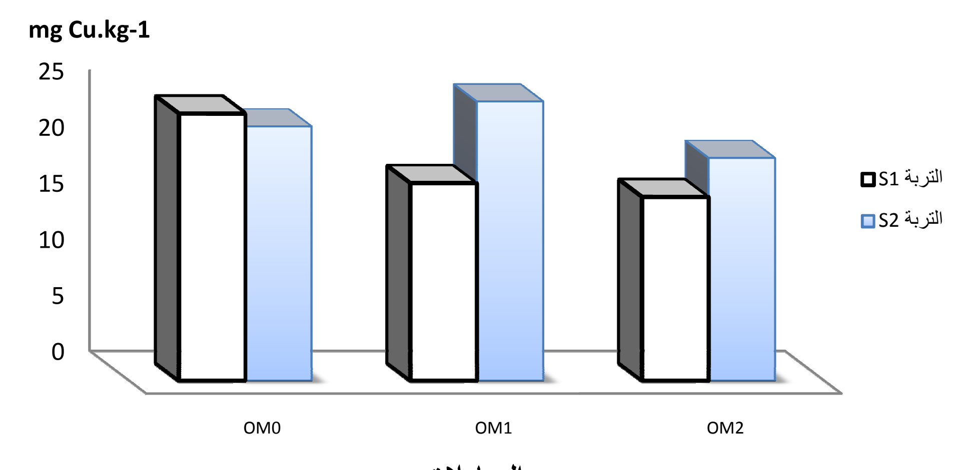
الجدول (19.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في محتوى أوراق السبانخ من النحاس

Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	0.52**	1.05**
OM. Zn	0.81**	1.15**
OM. Cu	0.81**	1.03**
OM. Zn. Cu	1.06**	1.79**

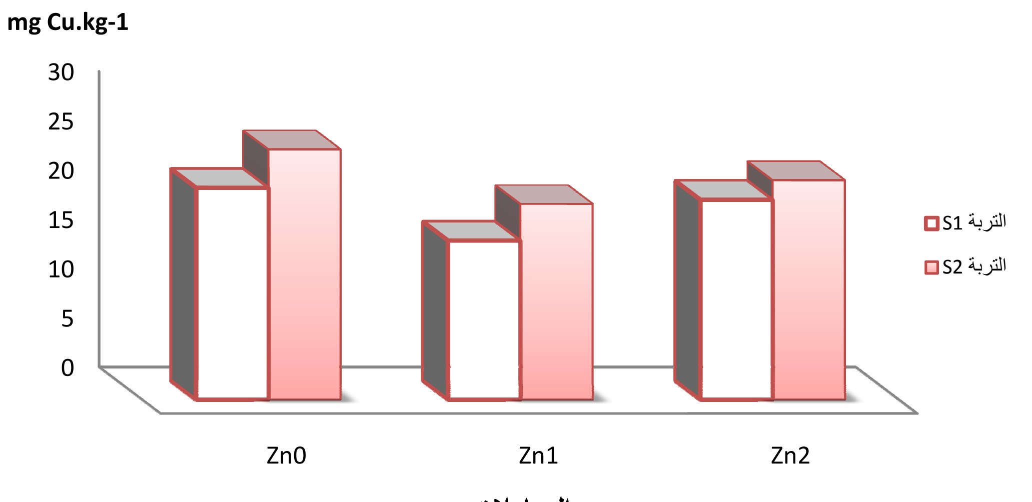
ولدى دراسة تأثير خصائص التربة المستخدمة في محتوى أوراق السبانخ من النحاس تبين أن محتوى الأوراق من هذا العنصر كان في التربة S_2 أعلى معنوياً مما هو عليه في التربة S_1، حيث بلغ هذا المحتوى ($22.48\ mgCu.kg^{-1}$) في التربة S_2 مقارنة مع ($19.28\ mgCu.kg^{-1}$) في التربة S_1 وهذا ما توضحه الأشكال (1.9.5. ، 2.9.5. ، 3.9.5.).



الشكل (1.9.5.) تأثير مستوى النحاس المضاف في محتوى أوراق السبانخ من هذا العنصر



الشكل (2.9.5.). تأثير التسميد العضوي في محتوى أوراق السبانخ من النحاس



الشكل (2.9.5.). تأثير مستوى الزنك المضاف في محتوى أوراق السبانخ من النحاس

2.6.5. محتوى أوراق نبات الخس من النحاس:

تبين النتائج المدونة في الجدول (20.5.) والجدول (21.5.) والملحق رقم (3.) تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى أوراق الخس من النحاس.

ففي التربة S_1: أدت إضافة النحاس إلى زيادة معنوية في محتوى أوراق الخس من النحاس مقارنة مع الشاهد، فلقد بلغ عند المستوى Cu_2 ($17.24\ mgCu.kg^{-1}$) بينما كان عند المستوى Cu_0 ($13.12\ mgCu.kg^{-1}$)، ورغم ارتفاع محتوى أوراق المستوى Cu_2 على محتوى أوراق المستوى Cu_1 إلا أن الفرق بين هذين المستويين لم يكن معنوياً. وبقي تركيز النحاس في الأوراق ضمن الحدود الطبيعية في كافة المعاملات المستخدمة. وهذا ما وافق (Pillay et Jonnalagadda, 2007) في دراستهما على نبات الخس. كما بينت نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (48.5.)- وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين محتوى التربة من النحاس المتاح ومحتوى أوراق الخس من هذا العنصر.

لم يؤدِ التسميد العضوي بمعدلاته المختلفة إلى إحداث فروق معنوية في محتوى أوراق الخس من النحاس ولقد كانت هذه الفروق ظاهرية.

أدت إضافة الزنك إلى ارتفاع معنوي في محتوى أوراق الخس من النحاس عند المستوى Zn_2 وارتفاع غير معنوي في هذا المحتوى عند المستوى Zn_1 مقارنة مع محتوى الأوراق عند المستوى Zn_0.

الجدول (20.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في محتوى أوراق نبات الخس من النحاس

Traitements	Cuivre ....(mg Cu.kg^{-1})...............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Cu	13.12	12.70	17.02	18.22	17.24	13.98	**2.90***	**0.57****
OM	15.54	21.86	17.13	12.64	14.69	10.40	**ns**	**0.74***
Zn	14.37	14.91	14.67	12.90	18.33	17.08	**3.16***	**0.48****

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس إلى إحداث فروق معنوية بين محتوى أوراق المعاملات من النحاس. حيث تراوح محتوى الأوراق بين ($12.32\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة

و($21.35\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة OM_1Cu_1 –الجدول (6.3.) في الملحق رقم OM_2Cu_0 (3.)-.

لم يؤدِ الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس إلى إحداث فروق معنوية بين المعاملات في محتوى الأوراق من النحاس حيث تراوح محتوى الأوراق بين ($22.99\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة Zn_2Cu_1 و ($12.63\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة Zn_0Cu_0 –الجدول (7.3.) في الملحق رقم (3.)-.

لم يؤدِ الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (5.3.) في الملحق رقم (3.)- إلى إحداث فروق معنوية في محتوى أوراق المعاملات المختلفة من النحاس، إذ تراوح محتوى الأوراق بين ($14.08\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة OM_2Zn_0 و ($21.77\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة OM_1Zn_2.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (8.3.) في الملحق رقم (3.)- لوحظت فروق معنوية بين محتوى الأوراق من النحاس بين المعاملات المدروسة حيث تراوح محتوى الأوراق بين ($9.93\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة $OM_2Zn_0Cu_0$ و (37.30 $mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة $OM_1Zn_2Cu_1$، مقابل ($14.28\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة $OM_0Zn_0Cu_0$.

في التربة S_2: كان لتأثير إضافة النحاس فروق عالية المعنوية في محتوى أوراق الخس من النحاس، حيث ارتفع محتوى الأوراق من هذا العنصر عند مستويي الإضافة Cu_1, Cu_2 معنوياً على محتوى الأوراق عند المستوى Cu_0. ورغم ذلك بقي محتوى الأوراق من النحاس ضمن الحدود الطبيعية، ويمكن أن يعزى ذلك إلى أن المجموع الجذري أكثر قدرة على مراكمة عنصر النحاس من المجموع الخضري كما بينت ذلك نتائج (Vasantha pillay *et al.,* 1994).

أدى التسميد العضوي إلى تأثير عالي المعنوية في محتوى أوراق الخس من النحاس حيث انخفض محتوى الأوراق لدى استخدام المستويين OM_1, OM_2 معنوياً مقارنة مع محتوى الأوراق لدى استخدام المستوى OM_0. كما انخفض محتوى الأوراق لدى استخدام المستوى OM_2 بفروق معنوية مقارنة مع محتوى الأوراق عند المستوى OM_1.

أدت إضافة الزنك إلى حدوث فروق عالية المعنوية في محتوى أوراق الخس من النحاس، ولقد تباين تأثير الإضافة من الزنك، فبينما انخفض محتوى الأوراق من النحاس بتأثير استخدام المستوى Zn_1 ارتفع هذا المحتوى بتأثير استخدام المستوى Zn_2 بفروق معنوية مقارنة مع محتوى الأوراق عند المستوى Zn_0.

كان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي وإضافة النحاس –الجدول (6.3.) في الملحق رقم (3.)- تأثير معنوي في محتوى أوراق نبات الخس من النحاس، فلقد لوحظ انخفاض معنوي بزيادة معدل التسميد العضوي عند نفس المستوى المستخدم من النحاس حيث انخفض محتوى الأوراق في المعاملة OM_2Cu_1 ليبلغ ($9.44\ mgCu.kg^{-1}$) مقارنة مع محتوى الأوراق في المعاملة OM_1Cu_1 ($14.18\ mgCu.kg^{-1}$) وهذا انخفض بدوره مقارنة مع المعاملة OM_0Cu_1 ($31.03\ mgCu.kg^{-1}$).

كان للفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (7.3.) في الملحق رقم (3.)- تأثير معنوي في إحداث فروق في محتوى أوراق الخس من النحاس بين المعاملات المدروسة حيث تراوح محتوى الأوراق بين ($11.87\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة Zn_1Cu_0 و ($26.00\ mgCu.kg^{-1}$) في المعاملة Zn_2Cu_1، في حين كان في المعاملة Zn_0Cu_0 ($14.00\ mgCu.kg^{-1}$).

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (5.3.) في الملحق رقم (3.)- إلى إحداث فروق عالية المعنوية بين محتوى أوراق الخس من النحاس، حيث انخفض محتوى الأوراق من النحاس في أغلب المعاملات معنوياً مقارنة مع محتوى أوراق الشاهد (19.95 $mgCu.kg^{-1}$)، ولقد لوحظ انخفاض المحتوى من النحاس في المعاملة OM_2Zn_1 (9.09 $mgCu.kg^{-1}$).

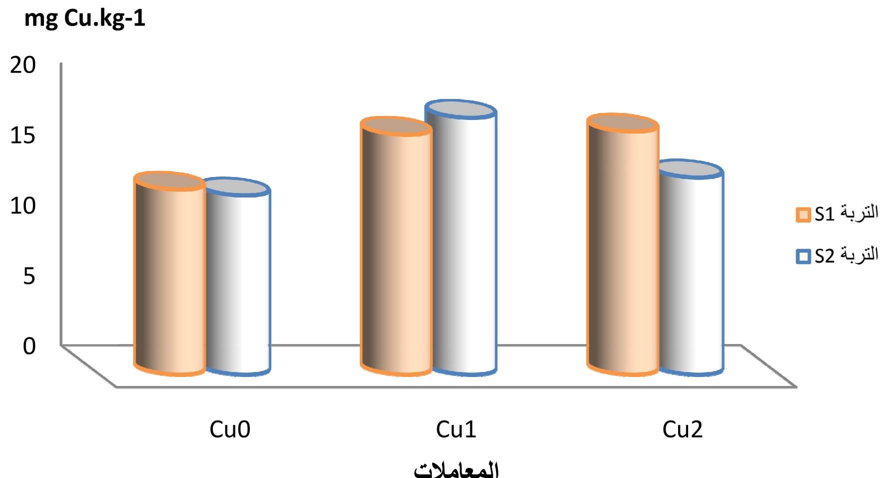
عند دراسة الفعل المتبادل بين التسميد العضوي وإضافة عنصري الزنك والنحاس –الجدول (8.3.) في الملحق رقم (3.)- لوحظت فروق عالية المعنوية في محتوى أوراق الخس من النحاس. كما لوحظ انخفاض محتوى الأوراق في المعاملة $OM_2Zn_0Cu_1$ ($9.89\ mgCu.kg^{-1}$) معنوياً مقارنة مع محتوى الأوراق في المعاملة $OM_1Zn_0Cu_1$ ($15.50\ mgCu.kg^{-1}$) الذي انخفض بدوره معنوياً مقارنة مع المعاملة $OM_0Zn_0Cu_1$ ($55.59\ mgCu.kg^{-1}$).

الجدول (21.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في محتوى أوراق الخس من النحاس

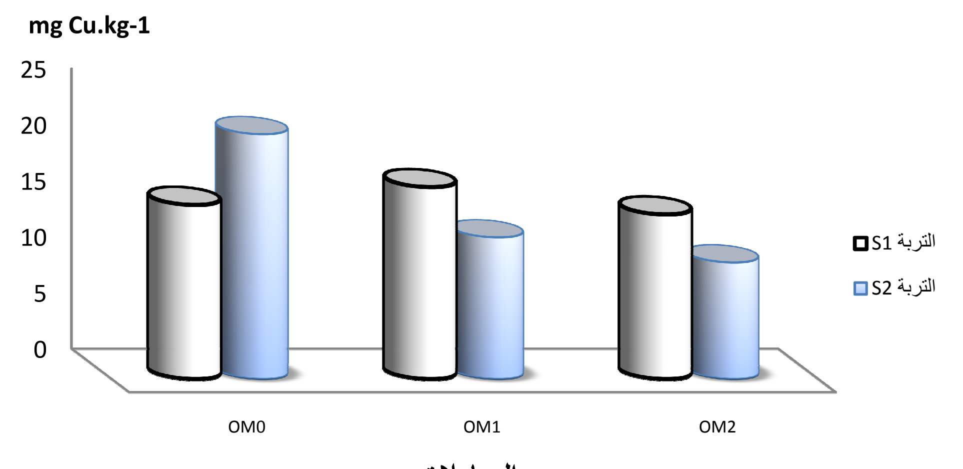
Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	ns	0.91*
OM. Zn	ns	0.88*
OM. Cu	5.23*	0.98**
OM. Zn. Cu	8.71*	1.61**

عند المقارنة بين التربتين المستخدمتين من حيث التأثير في محتوى أوراق الخس من النحاس تبين ارتفاع محتوى أوراق الخس المزروع في التربة S_2 (15.79 $mgCu.kg^{-1}$) بفروق غير معنوية على محتوى أوراق النباتات المزروعة في التربة S_1 (14.97 $mgCu.kg^{-1}$) كما هو مبين في الأشكال (1.10.5.، 2.10.5.، 3.10.5.).

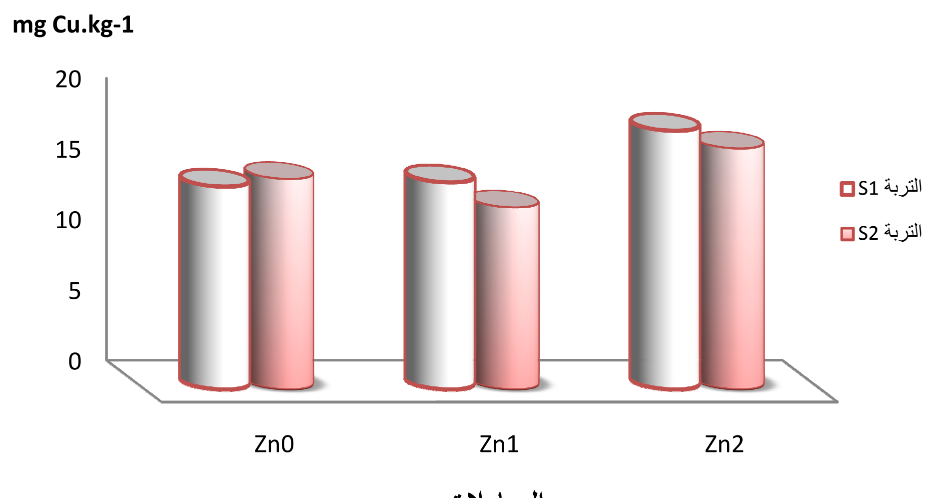
توضح المقارنة بين النباتين المدروسين ارتفاع محتوى أوراق السبانخ من النحاس (20.88 $mgCu.kg^{-1}$) معنوياً مقارنة مع محتوى أوراق الخس (15.38 $mgCu.kg^{-1}$).



الشكل (1.10.5.). تأثير مستوى النحاس المضاف في محتوى أوراق الخس من هذا العنصر



الشكل (.2.10.5). تأثير التسميد العضوي في محتوى أوراق الخس من النحاس



الشكل (.3.10.5). تأثير إضافة الزنك في محتوى أوراق الخس من النحاس

7.5. تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة وشدة التنفس في التربة:

1.7.5. أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية Bactérie hétérotrophe:

1.1.7.5. أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية في نهاية موسم 2006-2007:

تبين النتائج في الجدول (.22.5) والجدول (.23.5) والملحق رقم (.4) تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية.

ففي التربة S_1 تبين أنه عند الإضافات المختلفة من الزنك انخفضت أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية بفروق عالية المعنوية، وتجلى ذلك في المعاملة Zn_1 التي انخفضت فيها أعداد هذه المجموعة الميكروبية مقارنة مع الشاهد Zn_0 نتيجة التأثير السلبي للزنك، بينما لم تكن الفروق معنوية بين معاملة الشاهد والمعاملة Zn_2، وهذا ما بينه (Diaz-Ravina et Baath, 1996) بزيادة التحمل للزنك ممثلاً بلوغاريتم تركيز الزنك في التربة، فعلى ما يبدو أن هذه الميكروبات تأقلمت مع ظروف الوسط الجديد ($41.06\ mgZn.kg^{-1}$) بعد موت الأنواع الحساسة إلا أن أعدادها بقيت أقل من أعداد معاملة الشاهد، كما اتفقت هذه النتيجة مع النتيجة التي توصل إليها (Saeki *et al.*, 2002).

كما لوحظت فروق عالية المعنوية عند إضافة النحاس في انخفاض أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Wang *et al.*, 2007)، ولُمِسَت هذه الفروق في المعاملة Cu_2 (11.98 مليون خلية بكتيرية) مقارنة مع معاملة الشاهد Cu_0 (15.49 مليون خلية في 1غ تربة جافة تماماً).

أدى التسميد العضوي إلى زيادة معنوية في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية مقارنة مع الشاهد، كما ارتفعت أعداد هذه الميكروبات معنوياً في المعاملة OM_2 مقارنة مع المعاملة OM_1، وهذا عائد إلى استفادة هذه المجموعة الميكروبية من المواد المغذية الناتجة عن وجود التسميد العضوي. وهذا ما أكدته نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (46.5.)- بوجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية ومحتوى التربة من المادة العضوية.

الجدول (22.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية في موسم 2006–2007

Traitements	Bactérie hétérotrophe ....(10^6/1g sol sec)..................						LSD$_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	16.07	19.90	12.46	16.36	14.97	16.07	**1.49****	**1.51****
Cu	15.49	19.98	16.03	16.29	11.98	16.06	**1.37****	**1.87****
OM	11.40	13.42	14.45	23.42	17.64	15.49	**1.81***	**3.92***

تحت تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (3.4.) في الملحق رقم (4.)- كانت الفروق عالية المعنوية حيث انخفضت أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية مقارنة مع الشاهد وهذا

شابه ما توصل إليه (Rajapaksha *et al.*, 2004). حيث تعرضت البكتريا غير ذاتية التغذية إلى إجهاد معدني (نحاس+زنك) نجم عنه تثبيط لنموها، مما أدى إلى انخفاض أعدادها.تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك، لوحظت فروق عالية المعنوية في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية –الجدول (1.4.) في الملحق رقم (4.)- حيث ارتفع أعداد هذه الميكروبات في المعاملات OM_2Zn_2, OM_2Zn_0, OM_1Zn_1, OM_1Zn_2 على الشاهد OM_0Zn_0 بفروق معنوية ملموسة. كما ارتفعت أعداد هذه الميكروبات في المعاملتين OM_2Zn_2, OM_1Zn_2 على OM_0Zn_2 بفروق واضحة. وهذا عائد إلى التأثير الإيجابي للسماد العضوي الذي قلل من التأثير السلبي لإضافات الزنك على هذه المجموعة الميكروبية.

كما أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (2.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى إحداث فروق عالية المعنوية في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية حيث ارتفعت أعداد هذه المجموعة الميكروبية المعاملات OM_2Cu_1, OM_2Cu_0, OM_1Cu_1 على الشاهد بينما انخفضت المعاملة OM_0Cu_2 مقارنة مع الشاهد. وأدى معدلي التسميد العضوي OM_1, OM_2 المضافين مع إحدى تركيزي النحاس Cu_1, Cu_2 إلى ارتفاع معنوي في أعداد هذه المجموعة الميكروبية مقارنة مع المعاملات المضاف إليها نحاس بدون تسميد عضوي، وهنا أيضاً استطاع السماد العضوي أن يخفف من التأثير السلبي لإضافات النحاس في البكتريا غير ذاتية التغذية فلم تتأثر هذه المجموعة الميكروبية بزيادة تركيز النحاس، لا بل على العكس من ذلك ازدادت عدداً.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (4.4.) في الملحق رقم (4.)- كانت الفروق عالية المعنوية في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية، حيث ارتفعت أعداها في المعاملات التي أضيف إليها السماد العضوي $OM_2Zn_2Cu_1$, $OM_2Zn_2Cu_0$, $OM_2Zn_0Cu_1$, $OM_2Zn_0Cu_0$, $OM_1Zn_2Cu_2$, $OM_1Zn_1Cu_0$, $OM_1Zn_0Cu_1$ مقارنة مع الشاهد $OM_0Zn_0Cu_0$، كما ارتفعت أعداد هذه الميكروبات في المعاملة $OM_1Zn_2Cu_2$ على كل من $OM_0Zn_2Cu_2$, $OM_0Zn_2Cu_0$, $OM_0Zn_0Cu_2$. وهنا تكمن أهمية السماد العضوي من تخفيف التأثير السلبي على هذه المجموعة الميكروبية نتيجة الإضافة المشتركة لكلٍ من الزنك والنحاس.

وبينت نتائج التربة S_2: أن إضافة الزنك أدت لانخفاض عالِ المعنوية في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية حيث انخفضت أعداد هذه المجموعة في المعاملتين Zn_1, Zn_2 مقارنة مع

الشاهد نتيجة تأثير الزنك في تثبيط نمو الميكروبات بهذه المعدلات فقد بلغ الزنك المتاح في المعاملة Zn_1 ($40.86\ mgZn.kg^{1-}$) وفي المعاملة Zn_2 ($61.43\ mgZn.kg^{1-}$)، وذلك عن طريق إحداث بعض التغييرات في الأنشطة الإنزيمية لتلك الميكروبات، إلا أن الفرق بين أعداد المعاملة Zn_1 (16.36 مليون خلية) والمعاملة Zn_2 (16.07 مليون خلية) لم يكن معنوياً وعلى ما يبدو هنا بأن الزنك المتاح في التربة الكلسية أدى إلى تأثيرات غير مرغوب بها في البكتريا غير ذاتية التغذية.

وأظهرت النتائج انخفاضاً عالي المعنوية في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية عند إضافة النحاس بمعدل Cu_1, Cu_2 مقارنة مع الشاهد، وهذا عائد إلى التأثير السلبي للنحاس على هذه الميكروبات، فقد بلغت (16.06 مليون خلية) في المعاملة Cu_2 التي أغنت التربة بنحاس متاح قدره ($40.56\ mgCu.kg^{1-}$). رغم أن أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية في المعاملة Cu_2 أقل من الأعداد الناتجة عن المعاملة Cu_1 إلا أن الفرق لم يكن معنوياً وعلى ما يبدو أنه في التربة الكلسية للنحاس المتاح الناتج عن إضافة Cu_1, Cu_2 لم يكن بالقدر الكافي لإحداث فروق في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية.

أدى التسميد العضوي إلى ارتفاع معنوي في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية إلا أن العدد الأكثر ارتفاع تجلى عند التسميد بـ OM_1 الذي أدى إلى إغناء التربة بـ (0.88% TOM) مقارنة مع الشاهد OM_0 (0.65% TOM). وإن التسميد بـ OM_2 الذي أغنى التربة بـ (1.2% TOM) أدى إلى انخفاض معنوي في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية مقارنة مع أعداد المعاملة OM_1 ويمكن أن يعزى ذلك إلى محتوى تربة المعاملة OM_2 بـ ($35.25\ mgZn.kg^{1-}$, $24.47\ mgCu.kg^{1-}$) الذي أثر سلباً في أعداد هذه المجموعة الميكروبية.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (3.4.) في الملحق رقم (4.)- كانت الفروق عالية المعنوية حيث انخفضت كافة المعاملات المدروسة مقارنة مع الشاهد في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية. كما بينت نتائج تحليل الارتباط المشترك في الجدول (47.5.) وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية بين أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية من جهة ومحتوى التربة من الزنك والنحاس من جهة أخرى. وعند نفس التركيز المضاف لكلٍ من الزنك والنحاس 100 $mg.kg^{1-}$ وجد أن للنحاس Zn_0Cu_2 تأثير أشد سلبية من الزنك Zn_1Cu_0. وهذا يتفق مع

(Chen *et al.*, 2006). كما ارتفع أعداد هذه الميكروبات في المعاملتين Zn_1Cu_0, Zn_0Cu_1 مقارنة مع أعداد المعاملة Zn_1Cu_1 وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Bååth *et al.*, 1998).

لوحظت فروق عالية المعنوية بين المعاملات تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (1.4.) في الملحق رقم (4.)- حيث تفوقت أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية عند إضافة OM_1 إلى إحدى معدلي الزنك Zn_1, Zn_2 مقارنة مع الشاهد. كما تفوقت المعاملة OM_1Zn_2 على OM_0Zn_2 وتفوقت OM_1Zn_1 على OM_0Zn_1 بفروق معنوية واضحة. وهذا عائد إلى التأثير الإيجابي للتسميد العضوي في البكتريا غير ذاتية التغذية، حيث أمّن السماد العضوي مصدر للطاقة والمواد الكربوهيدراتية من جهة، وخفضّ من تأثير الزنك في هذه المجموعة الميكروبية من جهة أخرى.

لم يكن للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس أية دلالة إحصائية في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية –الجدول (23.5.)-.

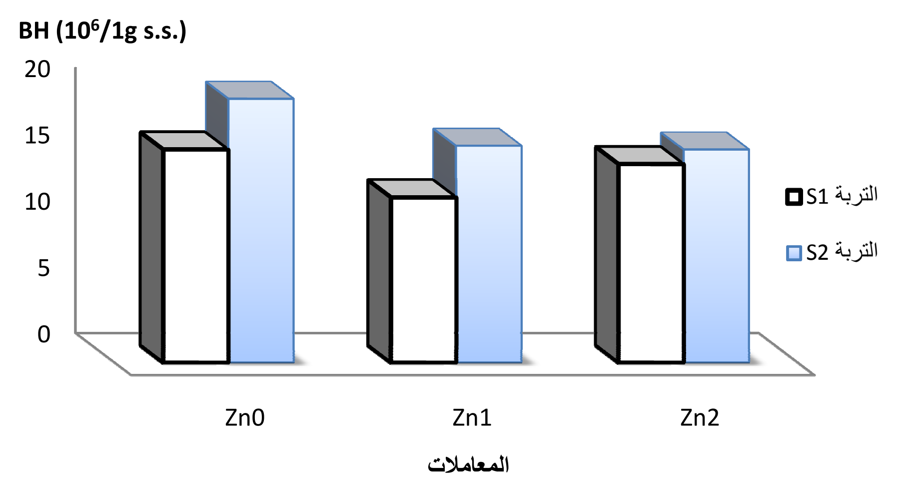
تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (4.4.) في الملحق رقم (4.)- لوحظت فروق عالية المعنوية في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية حيث انخفضت أعداد هذه المجموعة الميكروبية في المعاملات $OM_0Zn_2Cu_2$, $OM_0Zn_0Cu_2$, $OM_0Zn_0Cu_1$ مقارنة مع الشاهد $OM_0Zn_0Cu_0$، بينما تفوقت المعاملة التي أضيف لها السماد العضوي $OM_1Zn_1Cu_2$ على كل من المعاملتين اللتين لم يضف إليهما السماد العضوي $OM_0Zn_0Cu_1$, $OM_0Zn_1Cu_2$.

الجدول (23.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية

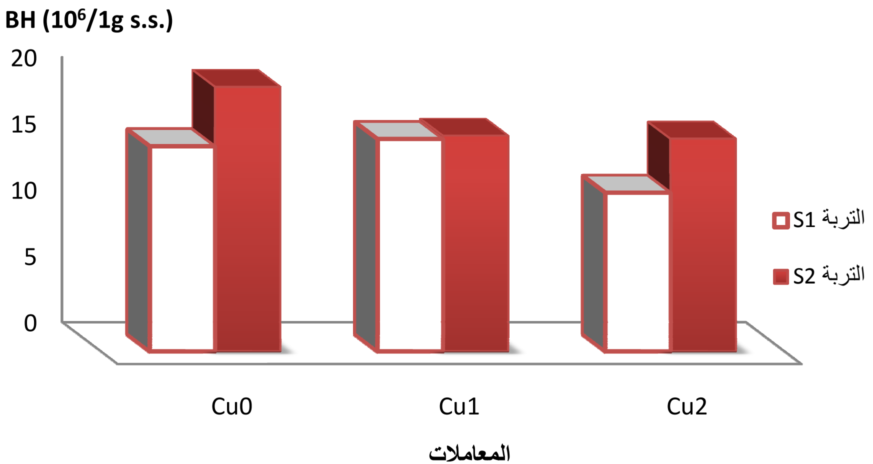
Traitements	**$LSD_{0.05}$**	
	S_1	S_2
Zn. Cu	2.37**	2.97**
OM. Zn	2.48**	3.95**
OM. Cu	2.38*	ns
OM. Zn. Cu	4.07**	5.75**

وعند مقارنة محتوى التربتين المزروعتين بنبات السبانخ في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية، تبين ارتفاع أعداد هذه المجموعة الميكروبية في التربة S_2 مقارنة مع التربة S_1، وقد يعود ذلك

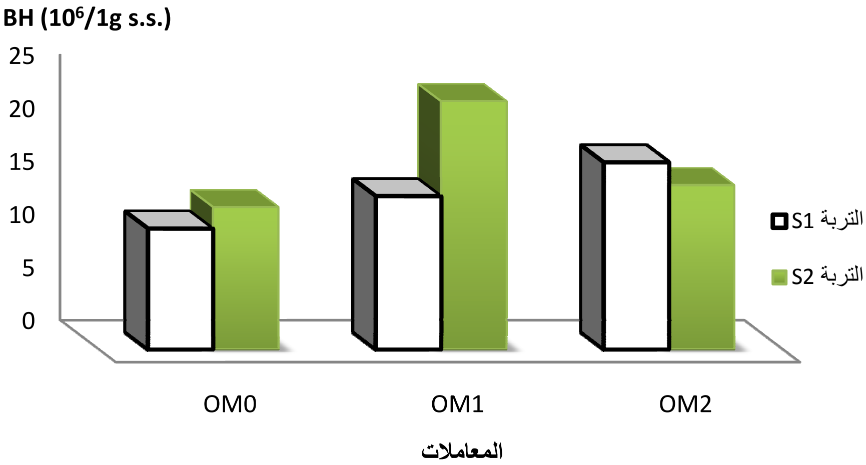
إلى أن هذه الميكروبات استطاعت أن تستفيد من كربونات الكالسيوم الموجودة في التربة S_2 وهذا ما تبينه الأشكال (.1.11.5، .2.11.5، .3.11.5).



الشكل (.1.11.5). تأثير إضافات الزنك في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية (موسم 2006-2007)



الشكل (.2.11.5). تأثير إضافات النحاس في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية (موسم 2006-2007)



الشكل (.3.11.5). تأثير التسميد العضوي في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية (موسم 2006-2007)

2.1.7.5. أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية في نهاية موسم 2007-2008:

بينت النتائج المدونة في الجدول (.24.5) والجدول (.25.5) والملحق رقم (.4) أن إضافة الزنك أظهرت فروقاً بين المعاملات في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية في التربة S_1، إلا أن هذه الفروق لم يكن لها دلالة إحصائية، رغم ارتفاع أعداد المعاملة Zn_2 (15.30 مليون) مقابل (12.13 مليون) في المعاملة Zn_1 وهذا ما شابه التأثير في الموسم الأول المزروع بنبات السبانخ إلا أن الارتفاع في Zn_2 كان معنوياً مقارنة مع أعداد المعاملة Zn_1 في موسم السبانخ.

أدت إضافة النحاس بمعدلاته المدروسة إلى انخفاض غير معنوي في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية وقد يكون ذلك على علاقة بالنمو النباتي.

كما بينت النتائج انه بزيادة معدل التسميد العضوي زادت أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية بفروق معنوية حيث ارتفعت أعداد المعاملة OM_2 التي أغنت التربة بـ (1.6% TOM) لتصل إلى (23.73 مليون)، مقارنة مع المعاملة OM_1 والشاهد. وارتفعت أيضاً أعداد المعاملة OM_1 (11.00 مليون) على الشاهد OM_0 (4.76 مليون) بفروق معنوية واضحة. ويعود الارتفاع هذا إلى التأثير الإيجابي للتسميد العضوي في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية، حيث وفر السماد العضوي المواد الكربوهيدراتية والعناصر المغذية الأخرى لهذه المجموعة الميكروبية. وهذا ما أكدته نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (.48.5)- بوجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية ومحتوى التربة من المادة العضوية.

الجدول (24.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية في موسم 2007–2008

Traitements	Bactérie hétérotrophe ....(10^6/1g sol sec)..................						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	12.06	15.14	12.13	13.95	15.30	10.94	**ns**	**2.78***
Cu	14.90	12.83	12.14	13.76	12.45	13.70	**ns**	**ns**
OM	4.76	14.58	11.00	13.28	23.73	12.44	**5.04***	**ns**

لم يكن للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك، كما لم يكن للفعل المتبادل بين الزنك والنحاس، تأثير في إحداث فروق معنوية بين المعاملات في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية – الجدول (25.5.)-. وهذا يدلل على أن سلوك الكائنات الحية بشكل عام في التربة لا يحكمه عامل واحد (هنا تأثير الزنك والنحاس) وإنما مجموعة عوامل ومن بينها تأثير نوع التربة، والنبات المزروع، وغيرها من العوامل...

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (6.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى إحداث فروق معنوية في أعداد هذه المجموعة الميكروبية، حيث ارتفعت أعدادها في أغلب المعاملات مقارنة مع الشاهد بفروق معنوية ملموسة. وأدى الفعل المتبادل بين OM_2 وإحدى مستويات النحاس إلى ارتفاع في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية مقارنة مع المعاملات التي لم يضف إليها سماد عضوي. وبهذا شابه تأثير النحاس مع التسميد العضوي عند زراعة الخس مع تأثيرها عند زراعة السبانخ، حيث عمل السماد العضوي على خلق ظروف جيدة لهذه المجموعة الميكروبية من حيث تأمين مصادر الطاقة والكربون.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (8.4.) في الملحق رقم (4.)- لوحظت فروق معنوية في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية بين المعاملات المدروسة، حيث ارتفعت أعداد هذه الميكروبات في أغلب المعاملات مقارنة مع الشاهد. كما ارتفعت أعدادها في المعاملتين اللتين أضيف إليهما السماد العضوي $OM_2Zn_2Cu_1$, $OM_1Zn_2Cu_1$ مقارنة مع المعاملات التي لم يضف إليها السماد العضوي $OM_0Zn_2Cu_1$, $OM_0Zn_2Cu_0$, $OM_0Zn_0Cu_1$ بفروق واضحة. وهنا استطاع التسميد العضوي أن يقلل من

تأثير الإجهاد المعدني (النحاس والزنك) على هذه المجموعة الميكروبية، فلم تتأثر الأخيرة بإضافة التراكيز المختلفة من النحاس والزنك.

في التربة S_2 أدت إضافة الزنك إلى انخفاض معنوي في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية وكان هذا الانخفاض أكثر وضوحاً في المعاملة Zn_2 التي بلغت أعداد البكتريا فيها (10.94 مليون) مقابل (15.41 مليون) في معاملة الشاهد، والتأثير السلبي للزنك بينته العديد من الأبحاث والدراسات. كما بينت نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (49.5.)- وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية بين أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية ومحتوى التربة من الزنك القابل للإفادة.

بينت نتائج التحليل الإحصائي أن لتأثير إضافة النحاس في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية فروق غير معنوية، رغم الفروق العالية المعنوية في محتوى التربة من النحاس المتاح بين المعاملات، وقد يعزى ذلك إلى تشكل مركبات نحاسية مع مواد عضوية، هذه المواد ناتجة عن تحلل المادة العضوية في التربة أو ناتجة عن إفراز النبات لمركبات phytosidérophores كردة فعل لنقص الحديد في مثل هذه الظروف المرتفعة المحتوى من كربونات الكالسيوم والنحاس.

انخفضت أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية مع زيادة التسميد العضوي بفروق غير معنوية وهذا الانخفاض تماشى مع زيادة في محتوى التربة من الزنك المتاح تحت تأثير معدلات التسميد هذه. وهذا يعني أن السماد العضوي لم يدرء التأثير السلبي للتراكيز المتزايدة من الزنك.

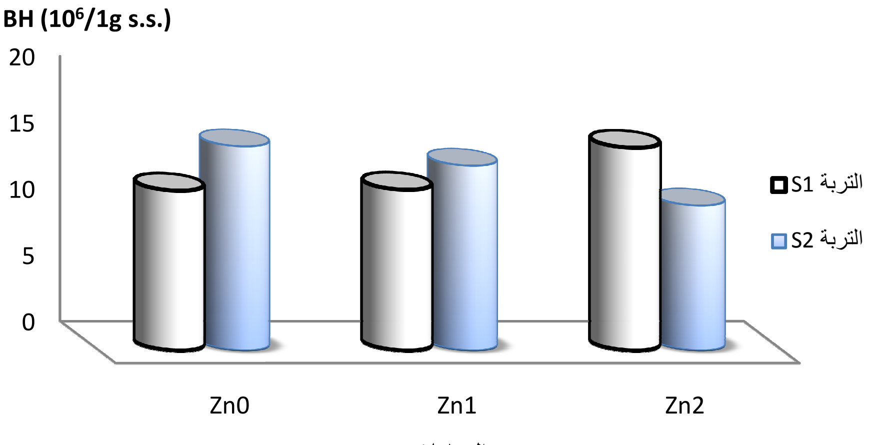
لوحظت فروق معنوية تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك حيث انخفضت أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية في المعاملة OM_2Zn_2 مقارنة مع الشاهد –الجدول (5.4.) في الملحق رقم (4.)-.

وتحت تأثير الأفعال المتبادلة بين التسميد العضوي والنحاس، وبين الزنك والنحاس، وبين التسميد العضوي والزنك والنحاس كانت الفروق بين المعاملات ظاهرية وليس لها أية دلالة إحصائية –الجدول (25.5.)-. أي أن نوع التربة (كلسية) لعبت دوراً كبيراً في التأثير على ردة فعل هذه المجموعة الميكروبية تجاه تأثرها بالإضافات من النحاس والزنك، كما لعب أيضاً النبات دوراً هاماً في هذا الصدد، فالمجموع الجذري لنبات الخس من حيث الحجم والمفرزات والمخلفات العضوية يختلف عن المجموع الجذري للسبانخ.

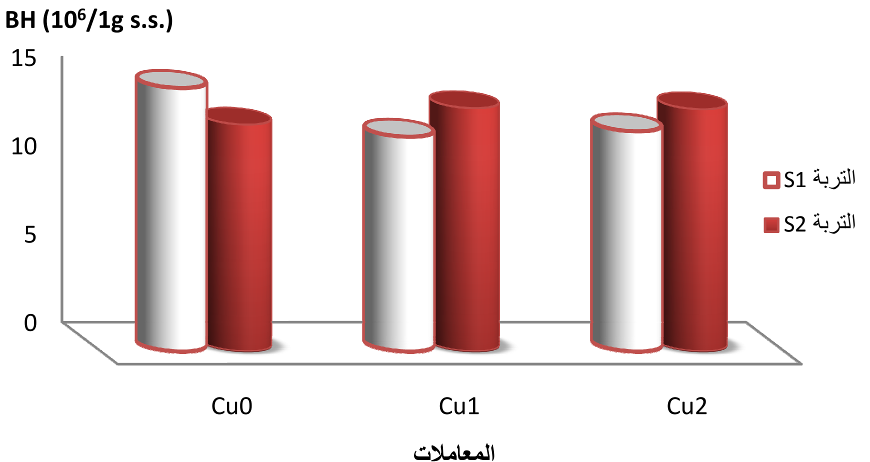
الجدول (25.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية

Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	ns	ns
OM. Zn	ns	5.28*
OM. Cu	6.59*	ns
OM. Zn. Cu	11.54*	ns

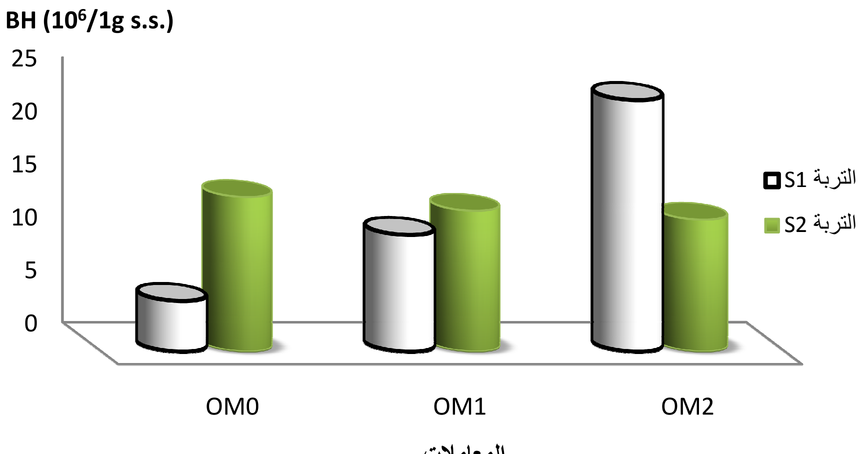
وعند مقارنة أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية في التربة S_1 و S_2 المزروعتين بنبات الخس تبين أن التربة S_2 احتوت على أعداد من البكتريا غير ذاتية التغذية (13.43 مليون) أكثر من التربة S_1 (13.16 مليون) إلا أن هذا الفرق لم يكن معنوي رغم الاختلاف الكبير في محتواهما من الكربونات الكلية، وقد يكون ذلك عائد إلى أن تأثير النمو النباتي طغى على تأثير خصائص التربة. وهذا ما بينه الشكل (1.12.5.، 2.12.5، 3.12.5.). فقد بينت النتائج أن للنوع النباتي تأثير في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية حيث ارتفعت بفروق معنوية عند زراعة السبانخ (15.97 مليون) مقارنة مع الأعداد الناتجة بعد زراعة الخس (13.30 مليون) وذلك بغض النظر عن نوع التربة، وهذا عائد على ما يبدو إلى المحتوى المتبقي من الزنك والنحاس في التربة بعد نمو النبات، حيث تبين أن محتوى التربة بعد زراعة السبانخ ($29.08\ mgZn.kg^{1-}$, $18.81\ mgCu.kg^{1-}$) وبعد زراعةنبات الخس ($45.51\ mgZn.mg^{1-}$, $22.45\ mgCu.kg^{1-}$).



الشكل (1.12.5.). تأثير إضافة الزنك في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية
(موسم 2007-2008)



الشكل (.2.12.5). تأثير إضافة النحاس في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية (موسم 2007-2008)



الشكل (.3.12.5). تأثير التسميد العضوي في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية (موسم 2007-2008)

2.7.5. أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني Bactérie utilisée l'azote minéral:

1.2.7.5. أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في نهاية موسم 2006-2007:

تبين النتائج المدونة في الجدول (.26.5) والجدول (.27.5) والملحق رقم (.4) تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني.

حيث بينت النتائج في التربة S_1: انخفاض أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني بزيادة التركيز المضاف من الزنك، إلا أن هذا الانخفاض لم يكن معنوياً وتماشى هذا الانخفاض مع الانخفاض في محتوى التربة من المادة العضوية.

لوحظت فروق معنوية بين المعاملات نتيجة الإضافات المختلفة من النحاس حيث ارتفعت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في المعاملة Cu_2 (4.88 مليون) بفروق واضحة مقارنة مع الشاهد، وقد يكون ذلك عائد إلى سيادة تكاثر أنواع محددة من البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني محبة لتراكيز النحاس العالية بعد موت الأنواع الحساسة، ولاسيما أن المعاملة Cu_2 أغنت التربة بـ ($29.74\ mgCu.kg^{-1}$) نحاس متاح. وانخفاض أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في المعاملة Cu_1 مقارنة مع الأعداد الناتجة عن المعاملة Cu_2 قد يرجع إلى انخفاض محتوى التربة من المادة العضوية في المعاملة Cu_1 مقارنة مع المحتوى من المادة العضوية في المعاملة Cu_2. كما أن سلوك بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة تختلف باختلاف خواصها الفيزيولوجية ونظامها الإنزيمي الذي تحتويه.

أدى التسميد العضوي إلى إحداث فروق معنوية بين المعاملات حيث ارتفعت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني عند التسميد بـ OM_1, OM_2 مقارنة مع الشاهد. وهذا عائد إلى توفر المواد اللازمة لنمو وتكاثر هذه الميكروبات. وعلى الرغم من أن التسميد بـ OM_2 أغنى التربة بـ (1.44% TOM) أكثر من التسميد بـ (1.17% TOM) إلا أن أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني الناتجة عن المعاملة OM_1 (5.76 مليون) كان أعلى معنوياً من الأعداد الناتجة عن المعاملة OM_2 (4.67 مليون)، وقد يفسر ذلك بأن التسميد بـ OM_1 أدى إلى اغناء التربة بأملاح معدنية خالقاً بذلك ظروفاً أكثر ملائمة من ظروف أملاح الوسط الناتجة عن التسميد بـ OM_2. فقد لوحظ أن الفرق في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني بين هاتين المعاملتين أقل من الفرق بين احديهما والشاهد (1.32 مليون).
تحت تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس، والفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك، كانت الفروق ظاهرية بين المعاملات في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني –الجدول (27.5.)-.

الجدول (26.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في موسم 2006–2007

Traitements	Bactérie utilisée l'azote minéral ....(10^6/1g sol sec)..................						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	3.99	2.99	3.91	2.41	3.86	2.17	**ns**	**0.44***
Cu	3.81	2.59	3.07	2.45	4.88	2.53	**0.51***	**ns**
OM	1.32	2.43	5.76	2.15	4.67	2.99	**0.56***	**ns**

بينما لوحظت فروق معنوية نتيجة الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (2.4.) في الملحق رقم (4.)- حيث تفوقت المعاملات المضاف إليها السماد العضوي بمعدل OM_1 و OM_2 مع كافة معدلات النحاس (Cu_0, Cu_1, Cu_2) على الشاهد. كما تفوقت المعاملتين OM_1Cu_2, OM_2Cu_2 على المعاملة OM_0Cu_2 بفروق معنوية واضحة. وهذا يدلل على أن هناك اختلافات لتأثير كل من الزنك والنحاس على الكائنات الحية الدقيقة، كما أن ميكروبات التربة تختلف فيما بينها من حيث تأثرها بالمعادن.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (4.4.) في الملحق رقم (4.)- لوحظت فروق عالية المعنوية في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني حيث تفوقت أغلب المعاملات المضاف إليها السماد العضوي بمعدل OM_1, OM_2 على الشاهد. تفوقت كل من $OM_1Zn_1Cu_2$, $OM_2Zn_1Cu_2$ على المعاملات $OM_0Zn_1Cu_0$, $OM_0Zn_1Cu_2$, $OM_0Zn_0Cu_2$ بفروق ملموسة. وتشابهت هذه النتيجة مع تأثر البكتريا غير ذاتية التغذية بالنحاس والزنك بوجود التسميد العضوي، حيث هنا أيضاً أدى التسميد العضوي إلى درء التأثير السلبي لكل من الزنك والنحاس على البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني.

في التربة S_2: أدت إضافة الزنك إلى انخفاض معنوي في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني مقارنة مع الشاهد (2.99 مليون)، وهذا التأثير السلبي للزنك في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني وافق نتائج العديد من الأبحاث. إن انخفاض أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني بظروف الإجهاد الزنكي عائد إلى تثبيط تراكيز الزنك المختلفة لنمو هذه المجموعة الميكروبية، إذ ربما أثر ذلك سلباً في النشاط الإنزيمي لهذه المجموعة الميكروبية، أو أنه ربما ثبط بعض العمليات الخلوية الحيوية كالانقسام أو أنه أثر في

الريبوزومات. كما بينت نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (47.5.)- وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية بين أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني ومحتوى التربة من الزنك المتاح.

إن انخفاض أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في المعاملة Cu_1 ثم ارتفاعه في المعاملة Cu_2 لم يكن معنوياً، إن هذا النهج في الانخفاض ثم الارتفاع شابه النهج الذي اتبعته هذه الميكروبات في التربة S_1 (إلا أنه كان في التربة S_1 معنوياً). وقد يفسر ذلك بأن خصائص التربة الكلسية المزروعة بنبات السبانخ حدّت من تكاثر هذه الميكروبات ملغية بذلك معنوية الفروق بين المعاملات، فقد أدت المعاملة Cu_2 إلى اغناء التربة بـ (35.02 $mgZn.kg^{1-}$, 40.65 $mgCu.kg^{1-}$) والمعاملة Cu_1 أدت لإغناء التربة بـ (33.09 $mgZn.kg^{1-}$, 23.97 $mgCu.kg^{1-}$)، فعلى ما يبدو أن البكتريا المستخدمة للآزوت العدني متطلبة للنحاس ويتأثر نموها سلباً بالزنك.

عند إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي ارتفعت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في المعاملة OM_2 إلى (2.99 مليون) مقارنة مع (2.15 مليون) في المعاملة OM_1 لكن هذا الارتفاع لم يكن معنوياً. وقد يكون ذلك عائد إلى تقارب محتوى التربة المسمدة بـ OM_1 و OM_2 بالزنك المتاح إذ بلغ في المعاملة OM_2 (35.25 $mgZn.kg^{1-}$) وفي المعاملة OM_1 (34.77 $mgZn.kg^{1-}$).

تحت تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (3.4.) في الملحق رقم (4.)- بينت النتائج وجود فروق معنوية بين المعاملات في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني، حيث انخفضت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني عند استخدام Zn_2Cu_2, Zn_2Cu_1 بينما ارتفعت في المعاملة Zn_0Cu_1 مقارنة مع الشاهد. وهذا عائد إلى التأثير السلبي المشترك لكل من الزنك والنحاس في أعداد هذه المجموعة الميكروبية، فلم تستطع تحمل الإجهاد المعدني الناجم عن كل من الزنك والنحاس مجتمعين.

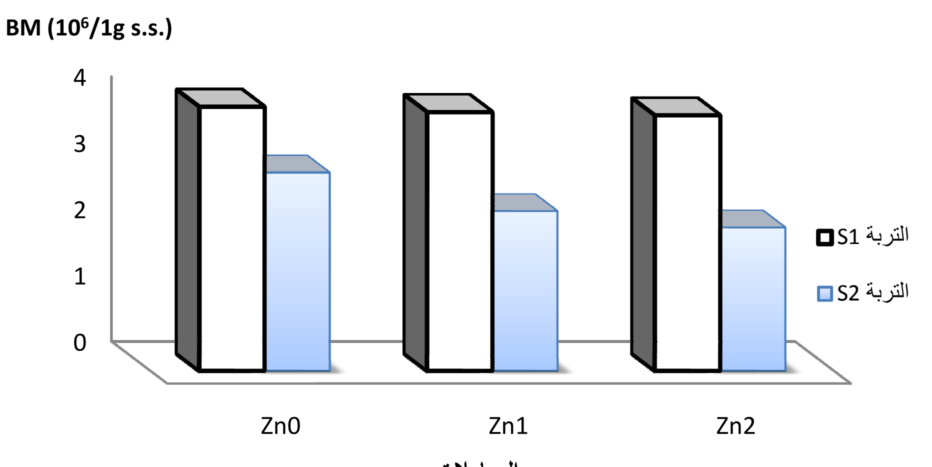
تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس والفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (27.5.)- كانت الفروق بين المعاملات ظاهرية وليس لها أية دلالة إحصائية. وهنا على الرغم من أن هذه الفروق كانت ظاهرية، فهذا يدلل أيضاً على أن للسماد العضوي دور إيجابي في التخفيف من

التأثير السلبي لكل من الزنك والنحاس على هذه المجموعة الميكروبية، فأعداد هذه المجموعة لم تتأثر سلباً بوجود التسميد العضوي كما تأثرت سلباً بوجود الزنك والنحاس مجتمعين أو كلٍ على حده.

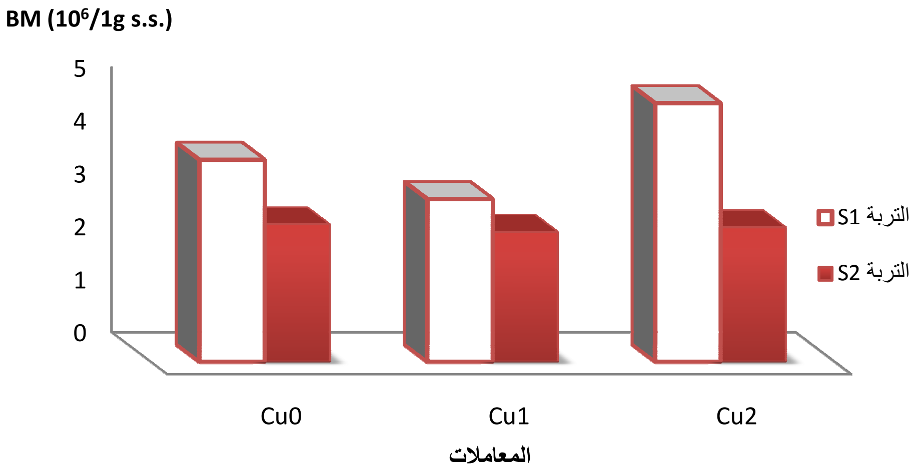
الجدول (27.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني

Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	ns	0.64*
OM. Zn	ns	ns
OM. Cu	0.84*	ns
OM. Zn. Cu	1.51*	ns

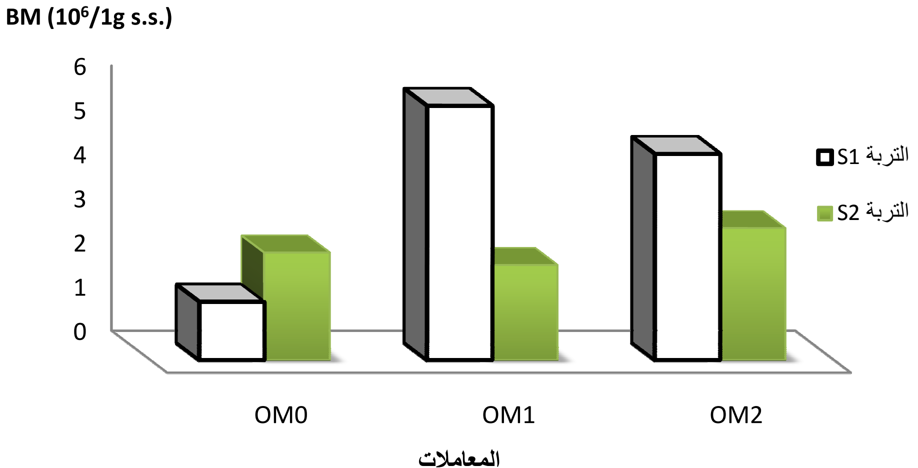
بينت نتائج التحليل أن التربة S_1 أدت إلى ارتفاع معنوي في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني الذي وصل إلى (3.92 مليون خلية) مقارنة مع محتوى التربة S_2 التي بلغت (2.52 مليون خلية) وقد يكون ذلك عائد إلى النمو النباتي في التربة الذي أثر في إتاحة العناصر المعدنية، الأشكال (1.13.5.، 2.13.5.، 3.13.5.).



الشكل (1.13.5.). تأثير إضافة الزنك في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني (موسم 2006-2007)



الشكل (.2.13.5). تأثير إضافة النحاس في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني (موسم 2006-2007)



الشكل (.3.13.5). تأثير التسميد العضوي في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني (موسم 2006-2007)

2.2.7.5. أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في نهاية موسم 2007-2008:

تبين النتائج في الجدول (.28.5) والجدول (.29.5) والملحق رقم (.4) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في موسم 2007-2008.

في التربة S_1: انخفضت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني نتيجة تأثرها السلبي بتراكيز الزنك المضافة إلا أن هذا الانخفاض لم يكن معنوياً. وبهذا يكون تأثير الزنك في هذه التربة عند زراعة الخس مشابه لتأثير الزنك عند زراعة السبانخ.

انخفضت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في المعاملة Cu_1 إلا أن تأثير إضافة النحاس في إحداث فروق بين المعاملات لم يكن معنوياً. ويمكن أن يعود ذلك إلى الاختلاف في امتصاص الخس للنحاس مما قلل تأثيره في هذه المجموعة الميكروبية.

إن زيادة التسميد العضوي أدت إلى زيادة عالية المعنوية في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني فقد بلغت (5.57 مليون) في المعاملة OM_2 مقابل (2.30 مليون) في معاملة الشاهد. كما ارتفعت أعداد هذه المجموعة الميكروبية عند التسميد بـ OM_2 مقارنة مع الأعداد الناتجة عن التسميد بـ OM_1. وهذا ما يتفق مع نتائج العديد من الأبحاث المبينة أن للتسميد العضوي دور إيجابي في زيادة أعداد الميكروبات. كما بينت نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (48.5.)- وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني ومحتوى التربة من المادة العضوية.

الجدول (28.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في موسم 2007–2008

Traitements	Bactérie utilisée l'azote minéral ....(10^6/1g sol sec)..................						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	4.07	6.30	3.88	6.08	3.88	6.21	**ns**	**ns**
Cu	3.94	5.59	3.80	6.82	4.09	6.17	**ns**	**0.62***
OM	2.30	4.76	3.96	7.47	5.57	6.36	**0.78****	**0.28****

أدت الأفعال المتبادلة بين التسميد العضوي والزنك، وبين التسميد العضوي والنحاس، وبين الزنك والنحاس، إلى إحداث فروق ظاهرية بين المعاملات، ويمكن أن يكون ذلك نتيجة عدم وجود فروق معنوية في النمو النباتي للخس بين المعاملات بفعل تأثير الأفعال المتبادلة هذه – الجدول (29.5.)-.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس —الجدول (8.4.) في الملحق رقم (4.)- لوحظت فروق معنوية بين المعاملات في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني، حيث ارتفعت أعداد هذه الميكروبات في أغلب المعاملات مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد $OM_0Zn_0Cu_0$ (2.18 مليون خلية). وارتفعت أعداد هذه المجموعة الميكروبية في المعاملة $OM_2Zn_2Cu_2$ مقارنة مع إضافة الزنك والنحاس بالتركيز الموافق كلاً على حده أو مع

بعضهما دون تسميد عضوي ($OM_0Zn_2Cu_2$, $OM_0Zn_2Cu_0$, $OM_0Zn_0Cu_2$). ويمكن أن تفسر هذه النتيجة بالتأثير الإيجابي للتسميد العضوي على أعداد هذه المجموعة الميكروبية، فاستطاع السماد العضوي هنا التغلب على التأثيرات السلبية لكل من الزنك والنحاس.

في التربة S_2: انخفضت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني بفروق غير معنوية عند إضافة الزنك مقارنة مع الشاهد. وبذلك تشابه تأثير إضافة الزنك في الترب غير الكلسية مع الترب الكلسية.

أدت إضافة النحاس إلى ارتفاع معنوي في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني مقارنة مع الشاهد Cu_0. إلا أن الارتفاع المعنوي في أعداد هذه الميكروبات في المعاملة Cu_1 مقارنة مع المعاملة Cu_2 يمكن أن يعزى إلى دور التربة الكلسية المزروعة بنبات الخس في زيادة إتاحة بعض العناصر غير مرغوب بها مؤثرة بذلك سلباً في نمو وتكاثر البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في المعاملة Cu_2.

أدى التسميد العضوي بـ OM_1, OM_2 إلى ارتفاع عالي المعنوية في محتوى التربة من البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني مقارنة مع الشاهد OM_0. ورغم أن أعداد هذه الميكروبات في المعاملة OM_1 أعلى منها في المعاملة OM_2 إلا أن الفرق لم يكن معنوي، ويعتقد في ذلك أن النمو النباتي الكبير نسبياً في المعاملة OM_2 ساهم في ذلك، وبالمقارنة مع النمو النباتي الناتج عن المعاملة OM_1، وبالنتيجة انخفضت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في المعاملة OM_2 مقارنة مع OM_1، وعلى اعتبار أن التربة تحتوي نسبة عالية من الطين والمادة العضوية في هاتين المعاملتين فإنه لم يكن هناك شرخ في الرقم الهيدروجيني والأملاح بينهما، وهذا انعكس بدوره على وجود فرق غير معنوي في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني بين المعاملتين OM_1, OM_2.

بينت النتائج أن للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك تأثير معنوي في ارتفاع أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني مقارنة مع الشاهد. إذ تراوحت أعدادها بين (7.63 مليون) في المعاملة OM_1Zn_2 و (4.21 مليون) في معاملة الشاهد. كما ارتفعت أعداد هذه الميكروبات في المعاملات المضاف إليها سماد عضوي وزنك مقارنة مع المعاملات بدون تسميد –الجدول (5.4.) في الملحق رقم (4.)-.

كما لوحظ ارتفاع معنوي في أعداد هذه المجموعة الميكروبية تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس مقارنة مع الأعداد الناتجة عن معاملة الشاهد OM_0Cu_0. إذ تراوحت أعدادها بين (8.53 مليون) في المعاملة OM_1Cu_1 و (4.17 مليون) في معاملة الشاهد –الجدول (6.4.) في الملحق رقم (4.)-.

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس، وبين التسميد العضوي والزنك والنحاس إلى إحداث فروق غير معنوية بين المعاملات. ويكمن أن نفسر ذلك إلى أن أعداد هذه البكتريا استطاعت إما أن تتأقلم مع ظروف إضافة الزنك والنحاس مع السماد العضوي بدرجة واحدة، ذلك لأن البكتريا التي لم تتأقلم غابت عن المجتمع الميكروبي. وفي كل الأحوال فإن السماد العضوي أوقف من التأثر السلبي في أعداد هذه المجموعة الميكروبية على الرغم من أن الفروقات كانت غير معنوية بين المعاملات التي أضيف إليها السماد العضوي –الجدول (29.5.)-.

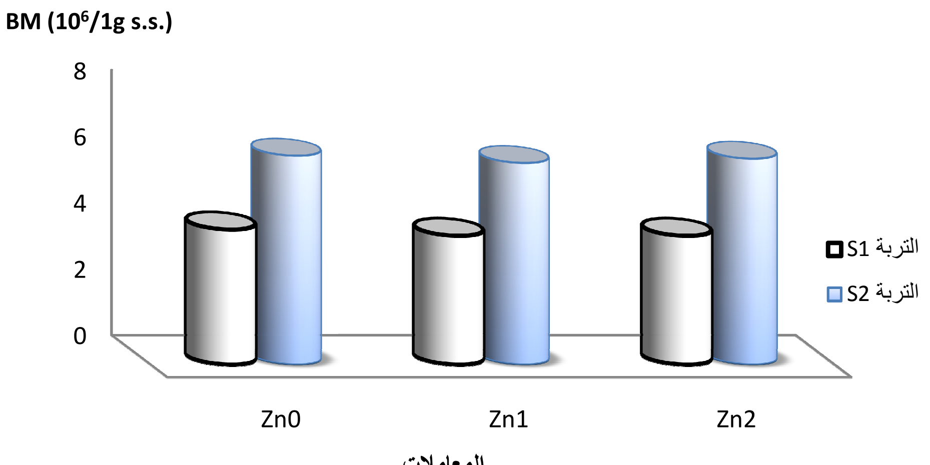
الجدول (29.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني

Traitements	**$LSD_{0.05}$**	
	S_1	S_2
Zn. Cu	ns	ns
OM. Zn	ns	0.89*
OM. Cu	ns	0.90*
OM. Zn. Cu	1.49*	ns

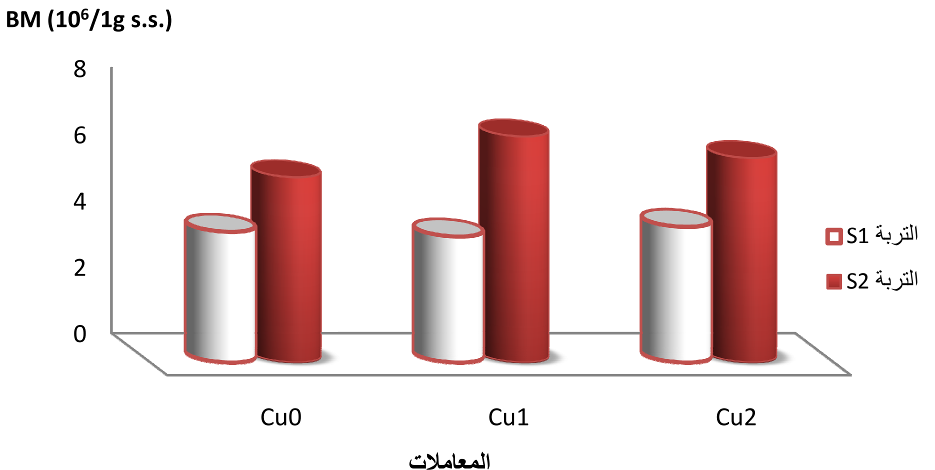
بينت النتائج أن ظروف التربة S_2 أفضل من ظروف التربة S_1 المزروعتين بنبات الخس مما أدى إلى ارتفاع محتوى التربة S_2 معنوياً من البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني مقارنة مع محتوى التربة S_1، وقد يكون ذلك عائد إلى ارتفاع محتوى التربة S_2 معنوياً من النحاس المتاح مقارنة مع التربة S_1 المزروعتين بالخس، وهذا ما بينه الشكل (1.14.5.،2.14.5. ،3.14.5).

وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي ارتفاع محتوى التربة المزروعة بالخس من البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني (5.07 مليون) معنوياً بالمقارنة مع محتوى التربة المزروعة بنبات السبانخ (3.22 مليون) وربما ذلك عائد إلى الإفرازات الجذرية للخس التي حفزت نمو هذه المجموعة الميكروبية. كما ارتفع محتوى التربة S_2 معنوياً (4.36 مليون) مقارنة مع التربة S_1 (3.93 مليون) بغض النظر عن النبات المزروع، وهذا لا يدل إلا إلى أن البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني تزداد بوفرة المعادن في الوسط. حيث بلغت أعداد هذه الميكروبات

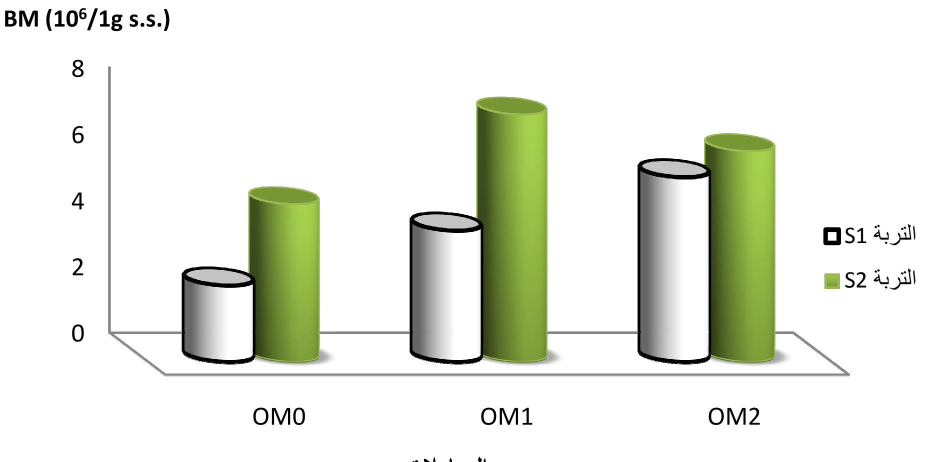
في التربة S_2 المزروعة بالخس (6.196 مليون)، وفي التربة S_1 المزروعة بالخس (3.945 مليون)، بينما في التربة S_1 المزروعة بالسبانخ (3.919 مليون)، وفي التربة S_2 المزروعة بالسبانخ (2.524 مليون).



الشكل (5.14.1.). تأثير إضافة الزنك في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني (موسم 2007-2008)



الشكل (5.14.2.). تأثير إضافة النحاس في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني (موسم 2007-2008)



الشكل (3.14.5.). تأثير التسميد العضوي في أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني
(موسم 2007-2008)

3.7.5. أعداد الاكتينومايسيتات Actinomycètes:

1.3.7.5. أعداد الاكتينومايسيتات في نهاية موسم 2006-2007:

تبين النتائج المدونة في الجدول (30.5.) والجدول (31.5.). والملحق رقم (4.) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي والزنك والنحاس في أعداد الاكتينومايسيتات في موسم 2006-2007.

فعند المستويات المختلفة من الزنك كانت الفروق بين المعاملات غير معنوية، رغم الفروق العالية المعنوية في محتوى التربة من الزنك المتاح نتيجة إضافات الزنك، حيث أبدت أعداد الاكتينومايسيتات ارتفاعاً ظاهرياً مقارنة مع معاملة الشاهد. في حين أدت إضافة النحاس إلى انخفاض معنوي في أعداد الاكتينومايسيتات وهذا ما اتفق مع (Wang *et al.*, 2007)، حيث انخفضت أعداد هذه المجموعة الميكروبية في المعاملة Cu_1 إلى (1.36 مليون) مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد (1.64 مليون)، وقد يفسر ذلك بأن التركيز (25.53 mgZn.kg^{1-}, 15.92 mgCu.kg^{1-}) بوجود نبات السبانخ أدى إلى موت العديد من الأنواع الحساسة وتثبيط بعضها الآخر. إن عدم تأثر الاكتينومايسيتات بشكل معنوي مع إضافة الزنك وتأثرها بإضافة النحاس، يفسر بالاختلاف في ردة فعل هذه الميكروبات على العناصر المعدنية من جهة، وبالتأثير المختلف لكل من الزنك والنحاس في أعداد الاكتينومايسيتات.

أدى التسميد العضوي إلى ارتفاع أعداد الاكتينومايسيتات بفروق عالية المعنوية مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد وهذا ما أكدته نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (46.5.)- بوجود

علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني ومحتوى التربة من المادة العضوية. إلا أن ارتفاع هذه المجموعة الميكروبية في المعاملة OM_1 كان أعلى منه في المعاملة OM_2. حيث أن الاكتينومايسيتات تتأخر عن باقي المجموعات الميكروبية في استفادتها من مكونات الأسمدة العضوية، إذ تتصدى هذه المجموعة لتلك المكونات من الأسمدة العضوية التي لم تستطع غيرها من البكتريا تفكيكها.

الجدول (30.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد الاكتينومايسيتات في موسم 2006–2007

Traitements	Actinomycètes (10^6/1g sol sec)						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	1.44	1.86	1.63	1.64	1.50	1.37	**ns**	**0.21***
Cu	1.64	1.75	1.36	1.61	1.57	1.50	**0.17***	**0.15***
OM	0.28	0.87	2.34	1.73	1.96	2.28	**0.13****	**0.29****

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (3.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى انخفاض عالي المعنوية في أغلب المعاملات مقارنة مع معاملة الشاهد Zn_0Cu_0 في أعداد الاكتينومايسيتات، كما انخفضت أعداد المعاملة Zn_2Cu_1 (1.25 مليون) بفروق معنوية واضحة مقارنة مع أعداد المعاملة Zn_1Cu_2 (1.86 مليون). ويعود ذلك إلى التأثير السلبي للتراكيز المختلفة لهذين العنصرين في القدرة التكاثرية للاكتينومايسيتات، إذ لم تستطع الأخيرة إنتاج وحدات تكاثرية (أبواغ كونيدية) في ظروف الإجهاد الزنكي والنحاسي.

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (1.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى ارتفاع غير معنوي في أغلب المعاملات مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد، وقد يكون السبب في ذلك إلى دور المادة العضوية الإيجابي الذي قلل من التأثير السلبي للزنك.

لوحظ ارتفاع عالي المعنوية في أعداد الاكتينومايسيتات في أغلب المعاملات تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس، فقد بلغ (2.50 مليون) في المعاملة OM_1Cu_2 مقابل (0.33 مليون في معاملة الشاهد OM_0Cu_0 –الجدول (2.4.) في الملحق رقم (4.)-. كما سُجلت فروق عالية المعنوية بين المعاملات نتيجة تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس في أعداد الاكتينومايسيتات –الجدول (4.4.) في الملحق رقم (4.)-، حيث

ارتفعت أعداد الاكتينومايسيتات في المعاملات المسمدة بـ OM_1, OM_2 مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد $OM_0Zn_0Cu_0$. ارتفعت أعداد الاكتينومايسيتات في المعاملتين $OM_2Zn_2Cu_2$, $OM_1Zn_2Cu_2$ مقارنة مع الأعداد الناتجة عن إضافة الزنك والنحاس كلاً على حده أو مع بعضهما دون تسميد عضوي ($OM_0Zn_2Cu_2$, $OM_0Zn_2Cu_0$, $OM_0Zn_0Cu_2$). وهذا يدلل على أهمية التسميد العضوي في التقليل من الآثار الضارة الناجمة عن وجود تراكيز مرتفعة من الزنك والنحاس.

في التربة S_2: أظهرت إضافة الزنك فروقاً معنوية في التأثير السلبي في أعداد الاكتينومايسيتات حيث كان للمعاملة Zn_2 تأثير أشد سلبية من المعاملة Zn_1 حيث بلغت أعداد الاكتينومايسيتات عند المستوى Zn_2 (1.37 مليون)، في حين كان عند المستوى Zn_0 (1.86 مليون)، وهذه الفروق عززتها خصائص التربة الكلسية. وبينت نتائج تحليل الارتباط –الجدول (47.5.)- وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية بين أعداد الاكتينومايسيتات ومحتوى التربة من الزنك القابل للإفادة.

انخفضت أعداد الاكتينومايسيتات عند الإضافات المختلفة من النحاس مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد Cu_0، حيث بلغ الانخفاض المعنوي (1.61 مليون) و (1.50 مليون) عند استخدام Cu_1 و Cu_2 على الترتيب مقارنة بأعداد المستوى Cu_0 (1.75 مليون).

بزيادة معدل التسميد العضوي زادت أعداد الاكتينومايسيتات بفروق عالية المعنوية حيث ارتفعت في المعاملة OM_2 (2.28 مليون) مقارنة مع أعداد المعاملة OM_1 ومعاملة الشاهد OM_0 (0.87 مليون). ودور المادة العضوية الإيجابي بالنسبة للاكتينومايسيتات وغيرها من المجموعات الميكروبية في التربة بينته العديد من الدراسات.

كان للفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (3.4.) في الملحق رقم (4.)- تأثير عالي المعنوية في إحداث فروق في أعداد الاكتينومايسيتات بين المعاملات المدروسة، فعند نفس التركيز المضاف من الزنك والنحاس $100\ mg.kg^{1-}$ لكلٍ منهما، تبين أن إضافة النحاس (Zn_0Cu_2) أدت لارتفاع معنوي في أعداد الاكتينومايسيتات (2.01 مليون) مقارنة مع إضافة الزنك (Zn_1Cu_0) (1.73 مليون). وانخفضت أعداد الاكتينومايسيتات في المعاملة Zn_2Cu_1 (1.16 مليون) مقارنة مع أعداد المعاملة Zn_1Cu_1 (1.85 مليون). وهذه الديناميكية في أعداد

الاكتينومايسيتات شابهت ديناميكية أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني عند تأثرها بكلٍ من الزنك والنحاس مجتمعين.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (1.4.) في الملحق رقم (4.)- ارتفعت أعداد الاكتينومايسيتات معنوياً في أغلب المعاملات مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد (0.92 مليون). كما ارتفعت أعداد هذه الميكروبات في المعاملات المستخدم فيها OM_1, OM_2 مع المستويات المختلفة من الزنك مقارنة مع أعدادها في المعاملات التي لم يستخدم فيها سماد عضوي، فقد بلغت (2.42 مليون) في المعاملة OM_2Zn_1، و (1.51 مليون) في المعاملة OM_1Zn_1، لتنخفض إلى (0.99 مليون) في المعاملة OM_0Zn_1. ويفسر ذلك بالتأثير الإيجابي للسماد العضوي في هذه المجموعة الميكروبية حيث أمن التسميد العضوي غزارة في أعدادها كون الاكتينومايسيتات من كائنات التربة غيرية التغذية والتي تتأثر بشكل ملحوظ بالإضافات العضوية فتغلب بذلك التأثير الإيجابي للأسمدة العضوية على التأثير السلبي للزنك.

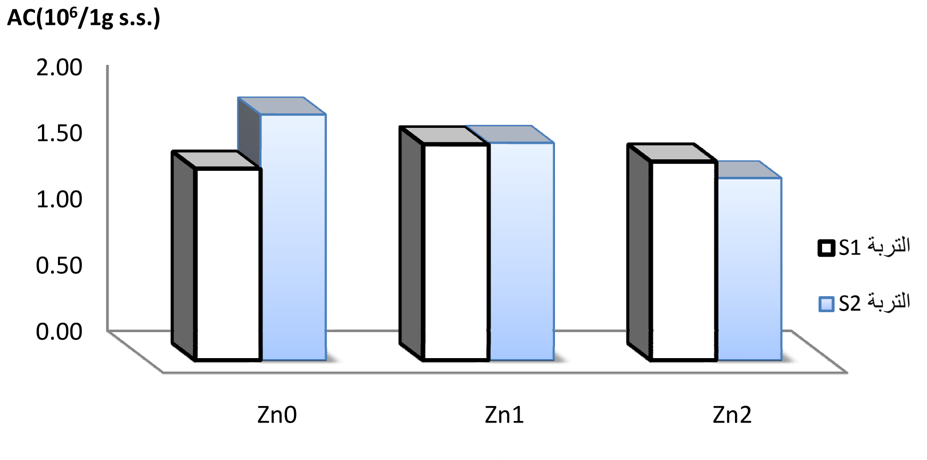
أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (2.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى ارتفاع معنوي في أعداد الاكتينومايسيتات في أغلب المعاملات وظاهري في بعضها الآخر مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد، كما أدت إضافة OM_1, OM_2 مع المستويات المختلفة من النحاس إلى ارتفاع معنوي مقارنة مع المعاملات التي لم تسمد. وقد بلغت أعداد الاكتينومايسيتات في المعاملة OM_2Cu_2 (1.85 مليون) مقابل (0.99 مليون) في المعاملة OM_0Cu_2، و (0.78 مليون) في معاملة الشاهد OM_0Cu_0. ويمكن أن يعزى السبب إلى نفس المقاربة التي ذكرناها للتو عندما قلل السماد العضوي التأثير السلبي للزنك.

وكان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (4.4.) في الملحق رقم (4.)- تأثير معنوي في ارتفاع أعداد الاكتينومايسيتات في أغلب المعاملات مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد، فقد ارتفعت أعداد هذه الميكروبات في المعاملتين $OM_2Zn_1Cu_1$, $OM_1Zn_1Cu_1$ مقارنة مع إضافة الزنك والنحاس كلاً على حده أو مع بعضهما دون تسميد ($OM_0Zn_1Cu_1$, $OM_0Zn_1Cu_0$, $OM_0Zn_0Cu_1$). ومن هنا فإن أحد التوصيات التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار، هي توصية ضرورة الاهتمام بالتسميد العضوي في ظروف الإجهاد المعدني المتمثل بتلوث التربة بالنحاس والزنك.

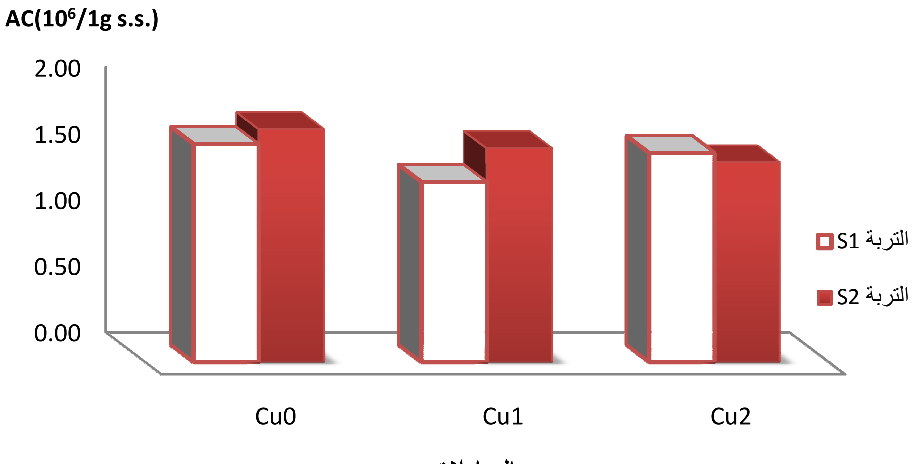
الجدول (**31.5**.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في أعداد الاكتينومايسيتات

Traitements	**$LSD_{0.05}$**	
	S_1	S_2
Zn. Cu	0.27**	0.28**
OM. Zn	ns	0.37*
OM. Cu	0.25**	0.32**
OM. Zn. Cu	0.46**	0.50*

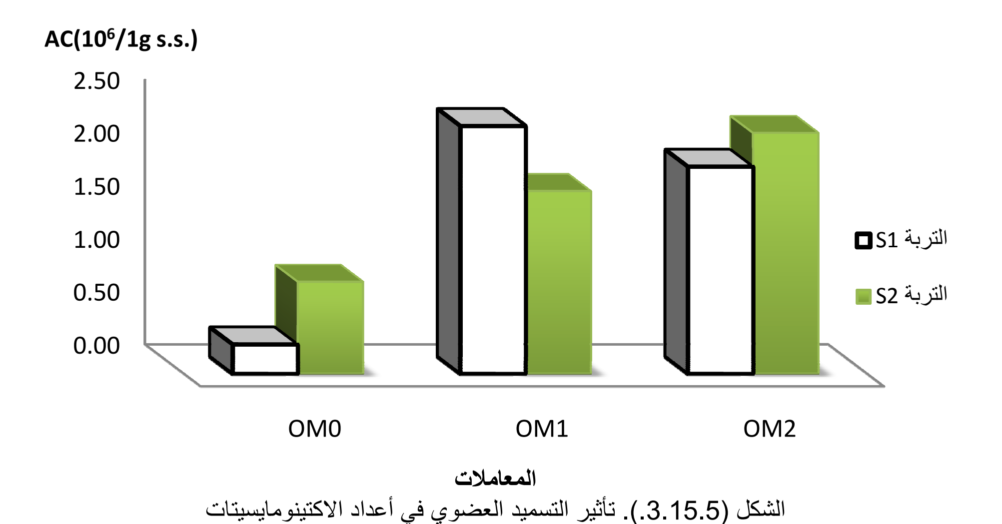
عند مقارنة أعداد الاكتينومايسيتات في كلا التربتين المزروعتين بنبات السبانخ تبين أن محتوى التربة S_2 (1.623 مليون) ارتفع بفروق غير معنوية مقارنة مع محتوى التربة S_1 (1.525 مليون) -الشكل (1.15.5.، 2.15.5.، 3.15.5.)- وهذا يدلل على أن معامل الريزوسفير Rhizosphere effect هو ضعيف على هذه المجموعة الميكروبية فلم تتأثر هذه المجموعة بظروف الريزوسفير وهذا ما أشار إليه (محمود وآخرون، 1988).



الشكل (1.15.5.). تأثير إضافة الزنك في أعداد الاكتينومايسيتات
(موسم 2006-2007)



الشكل (.2.15.5). تأثير إضافة النحاس في أعداد الاكتينومايسيتات
(موسم 2006-2007)



الشكل (.3.15.5). تأثير التسميد العضوي في أعداد الاكتينومايسيتات
(موسم 2006-2007)

2.3.7.5. أعداد الاكتينومايسيتات في نهاية موسم 2007-2008:

تبين النتائج المدونة في الجدول (.32.5) والجدول (.33.5) والملحق رقم (.4) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي والزنك والنحاس في أعداد الاكتينومايسيتات في نهاية موسم 2007-2008.

حيث انخفضت أعداد هذه الاكتينومايسيتات عند المستوى Zn_2 بفروق غير معنوية مقارنة مع معاملة الشاهد Zn_0 وقد يعود ذلك إلى حساسية الاكتينومايسيتات تجاه التراكيز المرتفعة من الزنك. كما انخفضت أعداد الاكتينومايسيتات ظاهرياً عند المستوى Cu_2 (2.88 مليون) مقارنة مع المستوى الأول من النحاس Cu_0 (3.05 مليون)، وهذا ما شابه سلوك هذه الميكروبات عند

زراعة نبات السبانخ. وهكذا فإن التأثيرات المختلفة للمعادن المدروسة (زنك، نحاس) يختلف باختلاف حاجة المجموعة الميكروبية المدروسة، وباختلاف المعدن المؤثر وباختلاف تركيز المعدن.

زادت أعداد الاكتينومايسيتات بزيادة التسميد العضوي بفروق عالية المعنوية حيث وصلت إلى (4.66 مليون) في المعاملة OM_2، مقابل (1.61 مليون) في معاملة الشاهد، وهذا ما واكب الزيادة العالية المعنوية في محتوى التربة من المادة العضوية فقد كانت في المعاملة OM_2 (1.6% TOM). وهذا نتيجة المواد الغذائية التي أمنها السماد العضوي اللازم لهذه المجموعة الميكروبية.

الجدول (32.5). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد الاكتينومايسيتات في موسم 2007–2008

Traitements	Actinomycètes (......10^6/1g sol sec......)						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	3.00	3.93	3.15	3.13	2.94	2.76	**ns**	**0.38***
Cu	3.05	3.01	3.15	3.68	2.88	3.13	**ns**	**0.35***
OM	1.61	1.96	2.82	4.44	4.66	3.43	**0.61****	**0.28****

لم تكن الفروق معنوية بين المعاملات المدروسة في أعداد الاكتينومايسيتات تحت تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (7.4.) في الملحق رقم (4.)-، فقد بلغت (2.58 مليون) في المعاملة Zn_2Cu_0، و (3.08 مليون) في المعاملة Zn_0Cu_1، مقابل (3.02 مليون) في معاملة الشاهد Zn_0Cu_0. إن عدم التأثر السلبي للاكتينومايسيتات بفعل التأثير المتبادل بين الزنك والنحاس ربما يكون عائد إلى إنتاج الاكتينومايسيتات لأبواغ كونيدية قبل إضافة الزنك والنحاس أمنت أعداد جيدة من هذه الكائنات عند إنباتها، ذلك لأن الأبواغ الكونيدية تمثل حالة ساكنة.

كان ارتفاع أعداد الاكتينومايسيتات تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك – الجدول (5.4.) في الملحق رقم (4.)- في أغلب المعاملات غير معنوي، وقد يكون ذلك على علاقة مع التباين غير المعنوي في محتوى التربة من الزنك المتاح تحت تأثير الفعل المتبادل بين OM.Zn، فقد كانت أعداد الاكتينومايسيتات (4.92 مليون) في المعاملة OM_2Zn_0 (2.19 $mgZn.kg^{-1}$)، و(1.49 مليون) في المعاملة OM_0Zn_2 (84.76 $mgZn.kg^{-1}$).

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (6.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى ارتفاع معنوي في أعداد الاكتينومايسيتات في أغلب المعاملات مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد، وقد ارتفعت أعداد هذه المجموعة الميكروبية في المعاملتين OM_2Cu_2, OM_2Cu_1 مقارنة مع OM_0Cu_2, OM_0Cu_1 بفروق معنوية ملموسة. كما ارتفعت أعداد OM_2Cu_1 (5.44 مليون) على OM_2Cu_2 (4.42 مليون) بفروق معنوية. وهذا عائد إلى أن التسميد العضوي قد أثر إيجاباً بدرجة أكبر من التأثير السلبي لتراكيز النحاس على الاكتينومايسيتات.

بينت النتائج أن الفروق بين المعاملات في أعداد الاكتينومايسيتات لم تكن معنوية تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (33.5.)-.

في التربة S_2: كان للزنك المضاف تأثير سلبي معنوي في أعداد الاكتينومايسيتات، حيث انخفضت أعدادها عند المستويين Zn_1 و Zn_2 إلى (3.13 مليون) و (2.76 مليون) مقارنة مع الشاهد Zn_0 (3.93 مليون). كما انخفضت أعداد هذه الميكروبات في المعاملة Zn_2 مقارنة مع المعاملة Zn_1 إلا أن الفرق لم يكن معنوياً. كما بينت نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (49.5.)- وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية بين أعداد الاكتينومايسيتات ومحتوى التربة من الزنك المتاح.

أدت إضافات النحاس المختلفة إلى ارتفاع معنوي في أعداد الاكتينومايسيتات عند المستوى Cu_1 مقارنة مع المستويين Cu_0, Cu_2 حيث لم تؤدِ إضافة النحاس Cu_2 إلى إحداث تغيرات ذات شأن في أعداد الاكتينومايسيتات، ويمكن أن يعزى عدم التأثر إلى خواص التربة الكلسية.

أدى التسميد العضوي إلى إحداث ارتفاع عالي المعنوية في أعداد الاكتينومايسيتات بين المعاملات المدروسة، لأن للتسميد العضوي تأثير إيجابي في أعداد الاكتينومايسيتات، حيث أمّن التسميد العضوي مصادر المواد الكربوهيدراتية اللازمة للبناء الخلوي.

انخفضت أعداد الاكتينومايسيتات معنوياً في المعاملات المختلفة تحت تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (7.4.) في الملحق رقم (4.)- مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد Zn_0Cu_0 (4.12 مليون). وعند نفس التركيز المضاف لكل من الزنك والنحاس (100 $mg.kg^{-1}$ لكلٍ منهما) تبين أن للزنك -في التربة الكلسية- Zn_1Cu_0 تأثير أشد سلبية (2.48 مليون) من النحاس Zn_0Cu_2 (3.95 مليون). كما انخفضت أعداد الاكتينومايسيتات في المعاملة Zn_2Cu_2

(2.50 مليون) مقارنة مع أعداد المعاملة Zn_1Cu_2 (3.30 مليون). وهذا عائد إلى التأثير السلبي (الإجهاد المعدني) المشترك للزنك والنحاس الذي تعرضت له الاكتينومايسيتات.

ارتفعت أعداد الاكتينومايسيتات معنوياً في أغلب المعاملات تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (5.4.) في الملحق رقم (4.)- مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد OM_0Zn_0. ارتفعت أعداد الاكتينومايسيتات عند إضافة OM_1, OM_2 مع المستويات المختلفة من الزنك مقارنة مع أعداد المعاملات المضاف إليها الزنك بالتركيز الموافق بدون تسميد عضوي.

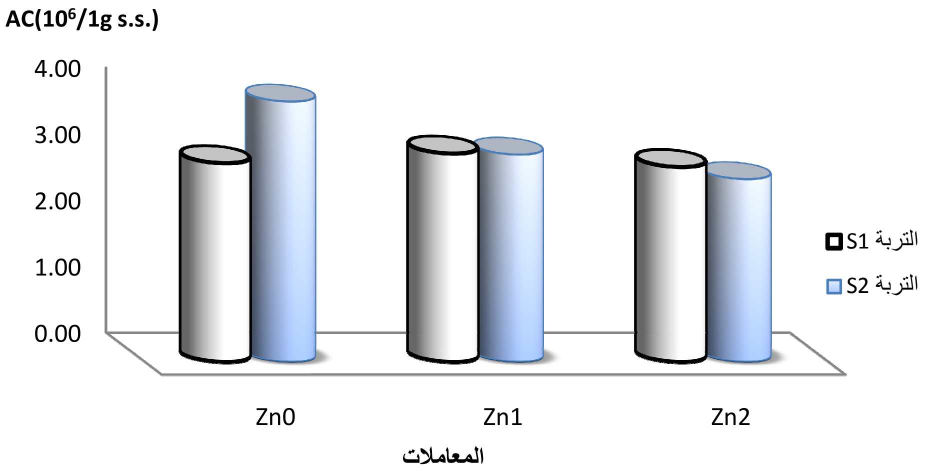
كما أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (6.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى ارتفاع غير معنوي في أعداد الاكتينومايسيتات مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد OM_0Cu_0. وقد تراوحت أعداد هذه الميكروبات بين (5.10 مليون) في المعاملة OM_1Cu_1 (32.00 mgCu.kg^{-1}) و (1.76 مليون) في معاملة الشاهد (1.16 mgCu.kg^{-1}). من جهة أخرى لوحظت فروق معنوية في أعداد الاكتينومايسيتات بين المعاملات المدروسة تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (8.4.) في الملحق رقم (4.)-، وطغى تأثير عامل التسميد العضوي على العاملين الآخرين (Zn, Cu) في ارتفاع أعداد الاكتينومايسيتات مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد $OM_0Zn_0Cu_0$. فقد ارتفعت أعداد هذه الميكروبات في المعاملة $OM_1Zn_2Cu_1$ (5.67 مليون) مقارنة مع المعاملة $OM_0Zn_2Cu_1$ (1.77 مليون) ومع المعاملة $OM_0Zn_2Cu_0$ (1.99 مليون) و $OM_0Zn_0Cu_1$ (1.97 مليون). وتفسير ارتفاع الاكتينومايسيتات عند إضافة التسميد العضوي مع الزنك والنحاس منفردين أو مع بعضهما بدون التسميد العضوي، إلى أن التسميد العضوي استطاع أن يدرء خطر التأثير السلبي لإضافات الزنك أو النحاس على هذه المجموعة الميكروبية.

الجدول (33.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في أعداد الاكتينومايسيتات

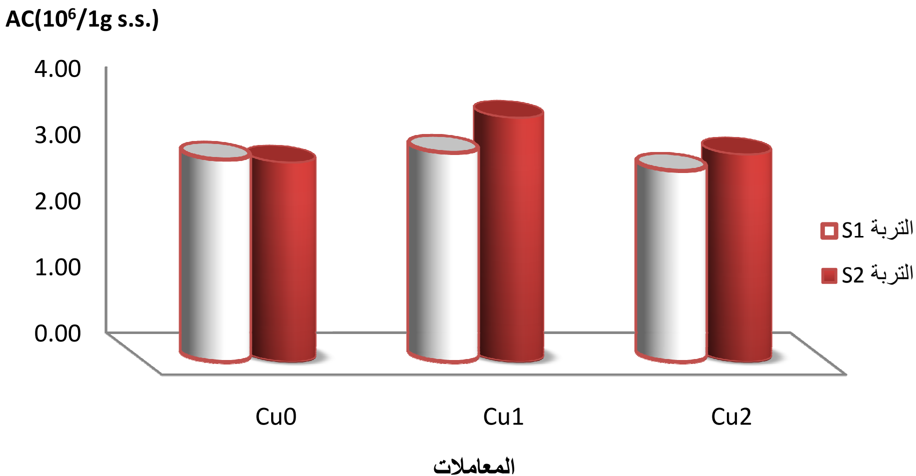
Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	ns	0.60*
OM. Zn	ns	0.57*
OM. Cu	0.81*	ns
OM. Zn. Cu	ns	0.10*

وعند مقارنة محتوى التربتين المزروعتين بنبات الخس من أعداد الاكتينومايسيتات تبين أن التربة S_2 ارتفعت فيها أعداد الاكتينومايسيتات مقارنة مع محتوى التربة S_1. وهذا ما يبينه الشكل (1.16.5.، 2.16.5.، 3.16.5.).

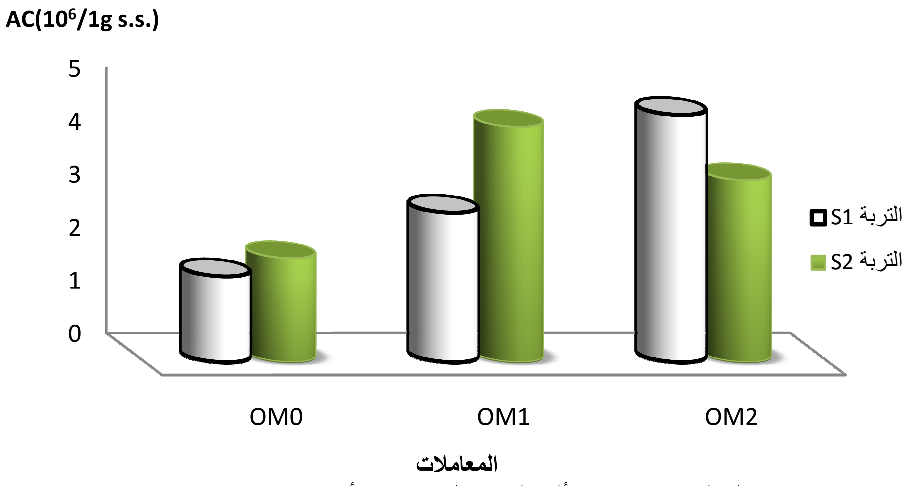
وعند مقارنة أعداد الاكتينومايسيتات بعد نمو النباتين المدروسين تبين أن أعداد الاكتينومايسيتات بعد نمو الخس كان أعلى معنوياً (3.156 مليون) من أعداد الاكتينومايسيتات بعد زراعة السبانخ (1.574 مليون). وبغض النظر عن النبات المزروع احتوت التربة S_2 أعداد من هذه الاكتينومايسيتات أعلى بفروق عالية المعنوية (2.452 مليون) من أعداد التربة S_1 (2.278 مليون)، وهذا يبين أن الاكتينومايسيتات تنشط في الترب المحتوية على تراكيز أعلى من الكالسيوم.



الشكل (1.16.5.). تأثير إضافة الزنك في أعداد الاكتينومايسيتات
(موسم 2007-2008)



الشكل (.2.16.5). تأثير إضافة النحاس في أعداد الاكتينومايسيتات (موسم 2007-2008)



الشكل (.3.16.5). تأثير التسميد العضوي في أعداد الاكتينومايسيتات (موسم 2007-2008)

4.7.5. أعداد الفطريات Champignons:

1.4.7.5. أعداد الفطريات في نهاية موسم 2006-2007:

تبين النتائج المتحصل عليها في الجدول (.34.5) والجدول (.35.5) والملحق رقم (.4) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد الفطريات.

ففي التربة S_1: ارتفعت أعداد الفطريات عند الإضافات المختلفة من الزنك إلا أن هذا الارتفاع لم يكن معنوياً، ويمكن أن يكون ذلك بسبب ظهور أنواع من الفطريات ذات متطلبات للزنك في هذه الظروف من زراعة نبات السبانخ، أو أن الفطريات راكمت الزنك في أسطح هيفاتها

الفطرية وهذا أحد الوسائل المتبعة من قبل الفطريات للتغلب على ظاهرة ارتفاع المعادن الثقيلة في التربة ومن بينها الزنك (Shinder et Osborn, 1979).

أدت إضافة مستويات النحاس إلى زيادة معنوية في أعداد الفطريات حيث ارتفعت أعداد الفطريات في المعاملة Cu_2 (18.41 ألف) بفروق ملموسة مقارنة مع (13.00 ألف) و (12.98 ألف) عند استخدام المستويين Cu_1 و Cu_0 على الترتيب وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Rajapaksha *et al.*, 2004)، وقد يفسر ذلك بتهيئة ظروف أفضل لنمو الفطريات من العناصر المعدنية.

أدى التسميد العضوي إلى ارتفاع معنوي في أعداد الفطريات في المعاملة OM_1 (26.99 ألف) مقارنة مع معاملة الشاهدOM_0 (8.86 ألف)، وقد يفسر ذلك بتوفر المواد المغذية في ظروف تغذوية مناسبة للفطريات. وهذا ما أكدته نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (.46.5)- بوجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين أعداد الفطريات ومحتوى التربة من المادة العضوية.

الجدول (.34.5). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد الفطريات في موسم 2006–2007

Traitements	Champignons ....(10^3/1g sol sec)..............						LSD$_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	13.72	19.52	15.30	7.78	15.38	18.09	**ns**	**4.47***
Cu	12.98	20.98	13.00	13.43	18.41	10.98	**3.55***	**3.38****
OM	8.86	16.19	26.99	6.18	8.55	23.02	**5.95***	**5.02***

انخفضت أعداد الفطريات في أغلب المعاملات بفروق عالية المعنوية تحت تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد –الجدول (.3.4) في الملحق رقم (.4)-، ويعود هذا الانخفاض إلى أن الفطريات تعرضت للإجهاد الناجم عن وجود معدنين (نحاس+زنك) الأمر الذي أثر سلباً على نشاطاتها الاستقلابية وعلى قدرتها التكاثرية.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك لوحظت فروق عالية المعنوية في أعداد الفطريات بين المعاملات. فقد بلغت (35.72 ألف) في المعاملة OM_1Zn_1، في حين كانت في معاملة الشاهد (14.61 ألف) –الجدول (.1.4) في الملحق رقم (.4)-.

تباين التأثير المعنوي للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس في أعداد الفطريات مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد OM_0Cu_0. حيث تراوحت بين (5.68 ألف) في المعاملة OM_0Cu_2 و (42.45 ألف) في المعاملة OM_1Cu_2. وعند نفس معدل التسميد العضوي OM_1 أدت زيادة مستويات النحاس لارتفاع معنوي في أعداد الفطريات –الجدول (2.4.) في الملحق رقم (4.)-.

انخفضت أغلب المعاملات معنوياً في أعداد الفطريات مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (4.4.) في الملحق رقم (4.)-، وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Kao *et al.* 2006) وفسر ذلك بتشكل معقدات مع المادة العضوية تمنع من تفكك الكربون العضوي من قبل الميكروبات كما بين أن المعادن الثقيلة مع المادة العضوية قد أعاقت الأنشطة الميكروبية.

في التربة S_2: أدت إضافة الزنك بالمستوى Zn_1 (7.78 ألف) إلى انخفاض عالي المعنوية في أعداد الفطريات مقارنة مع (19.52 ألف) عند المستوى Zn_0. والانخفاض غير المعنوي الملاحظ في أعداد الفطريات في المعاملة Zn_2 مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد Zn_0، فيمكن أن يعود إلى ظهور أنواع متحملة للتراكيز العالية من العناصر المعدنية في التربة الكلسية. مما أدى إلى سيطرة الميكروبات الفطرية ولاسيما أن محتويات الجدر الخلوية لبعض الفطريات مثل الكيتين تعتبر مادة شديدة القابلية للالتصاق بالعناصر المعدنية السامة.

انخفضت أعداد الفطريات بفروق عالية المعنوية بزيادة معدل النحاس المضاف حيث انخفض إلى (10.98 ألف) عند استخدام Cu_2 مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد Cu_0 (20.98 ألف)، نتيجة تأثير النحاس ببعض الأنشطة الإنزيمية. وقد يفسر ذلك بظاهرة المقاومة التي أبدتها بعض الأنواع الفطرية كالتابعة لجنس *Aspergillus*.

أدى التسميد العضوي بمعدل OM_2 بظروف التربة الكلسية إلى ارتفاع معنوي في أعداد الفطريات (23.02 ألف) مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد OM_0 (16.19 ألف). ولوحظ انخفاض غير معنوي في أعداد الفطريات في المعاملة OM_1 مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد. وقد يفسر ذلك بأن محتوى تربة المعاملة OM_1 من العناصر المعدنية هيأ ظروفاً أفضل لنمو بعض الأنواع البكتيرية فزادت أعداد البكتريا على حساب الفطريات، ويمكن أن يكون ذلك عائد إلى أن إفراز بعض الأنواع البكتيرية التابعة لجنس *Bacillus* التي تستفيد من كربونات

الكالسيوم كمصدر للكربون وإلى وجود إنزيمات خارجية أدت إلى تحلل ميسليوم بعض الفطريات.

انخفضت أعداد الفطريات في كافة المعاملات المدروسة بفروق عالية المعنوية مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد تحت تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (3.4.) في الملحق رقم (4.)-. وبينت النتائج أن التأثير الأشد سلبية كان في المعاملة Zn_1Cu_2 حيث بلغت أعداد الفطريات فيها (5.89 ألف) مقابل (37.26 ألف) في معاملة الشاهد Zn_0Cu_0. ويعود ذلك إلى التأثير المزدوج لتراكيز النحاس والزنك الذي ولّد إجهاداً معدنياً أدى إلى انخفاض أعداد هذه المجموعة الميكروبية.

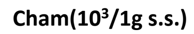
أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (1.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى ارتفاع أعداد الفطريات في المعاملة OM_2Zn_2 (39.82 ألف) وهذه تفوقت أعدادها على أعداد معاملة الشاهد OM_0Zn_0 (34.64 ألف) بفروق غير معنوية.

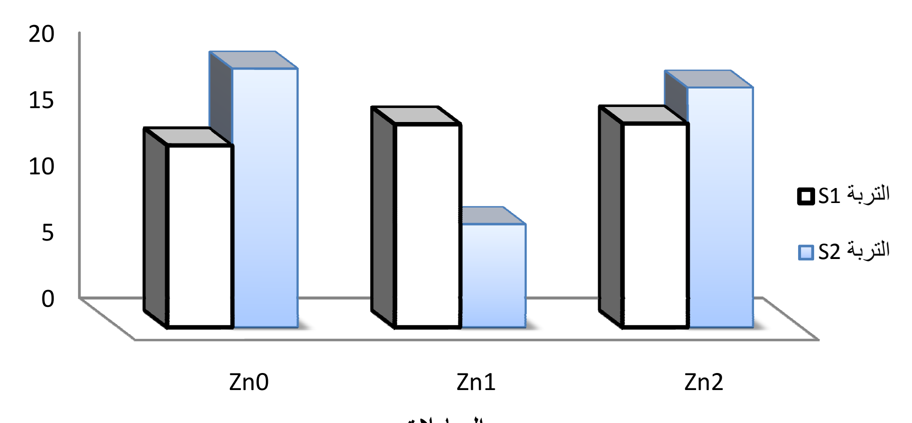
انخفضت أعداد الفطريات بفروق عالية المعنوية في المعاملات المدروسة تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد، عدا المعاملة OM_2Cu_0 التي انخفضت أعدادها مقارنة مع الشاهد بفروق غير معنوية –الجدول (2.4.) في الملحق رقم (4.)-. وتجلى الانخفاض الأعظمي لهذه الميكروبات في المعاملة OM_1Cu_2 حيث بلغت أعداد الفطريات فيها (5.30 ألف) مقابل (31.20 ألف) في معاملة الشاهد. تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (4.4.) في الملحق رقم (4.)- لوحظ انخفاض عالي المعنوية في كافة المعاملات المدروسة في أعداد الفطريات مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد (84.10 ألف). وأظهرت المعاملة $OM_0Zn_2Cu_2$ التأثير الأشد سلبية لتنخفض أعداد الفطريات فيها إلى(2.25 ألف). إلا أنه لوحظ أن للمعاملة $OM_2Zn_2Cu_2$ تأثير في تخفيف السمية على الفطريات مقارنة مع $OM_1Zn_2Cu_2$, $OM_0Zn_2Cu_2$, $OM_0Zn_2Cu_0$, $OM_0Zn_0Cu_2$. وربما يعود التأثير السلبي للزنك والنحاس بوجود التسميد العضوي في أعداد الفطريات، إلى أن الفطريات لم تستطع التغلب على التأثير السلبي للزنك والنحاس باعتبار أن الغلبة كانت لأعداد البكتريا غير ذاتية التغذية والاكتينومايسيتات والتي فرزت الأخيرة ربما مضادات حيوية أدت إلى تثبيط في نمو الفطريات، أو أن السيادة العددية لكل من البكتريا غير ذاتية التغذية والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني وكذلك الاكتينومايسيتات في هذه المعاملات ساهمت في خلق تنافس ضد الفطريات.

الجدول (35.5). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في أعداد الفطريات

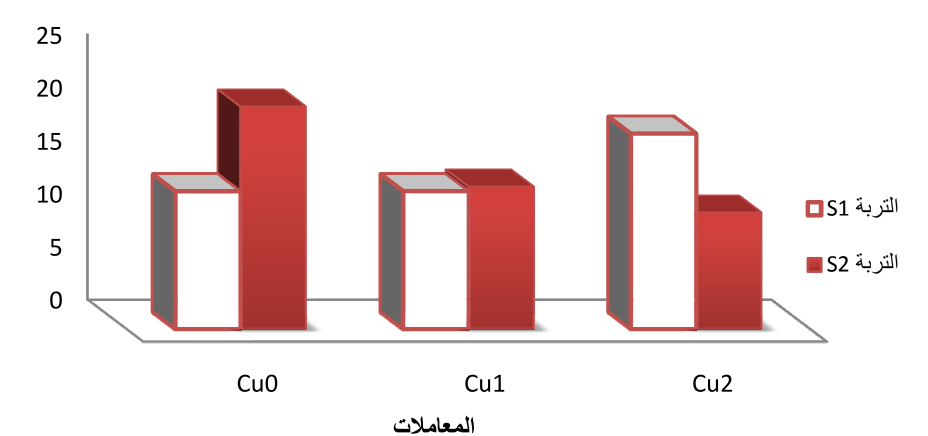
Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	6.85**	6.14**
OM. Zn	8.28**	7.25**
OM. Cu	6.88**	6.16**
OM. Zn. Cu	11.67*	10.71**

كما بينت النتائج أنه لا توجد فروق معنوية في محتوى التربتين من أعداد الفطريات إذ بلغ في التربة S_1 (14.80 ألف) وفي التربة S_2 (15.13 ألف) وهذا ما تبينه الأشكال (1.17.5.، 2.17.5.، 3.17.5.).

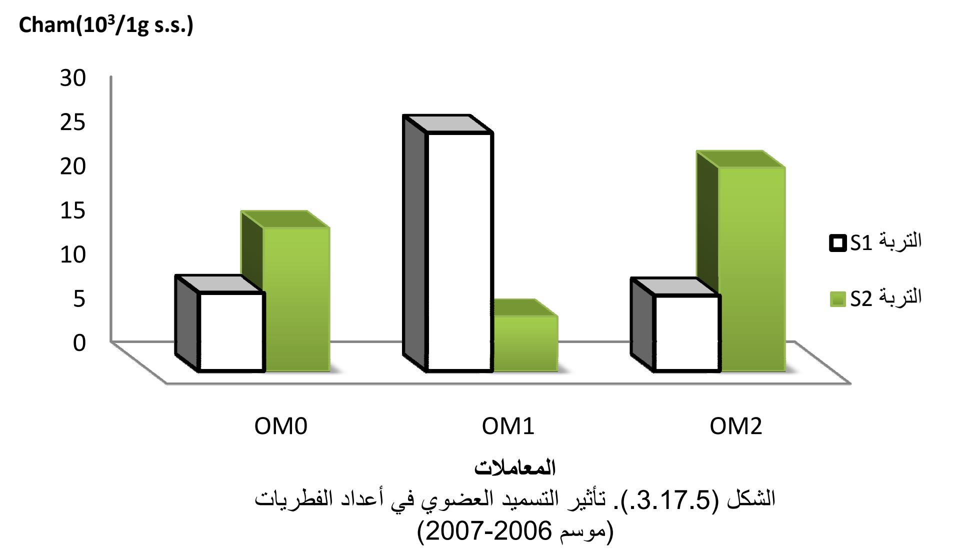




الشكل (1.17.5.). تأثير إضافة الزنك في أعداد الفطريات
(موسم 2006-2007)



الشكل (2.17.5.). تأثير إضافة النحاس في أعداد الفطريات
(موسم 2006-2007)



الشكل (3.17.5.). تأثير التسميد العضوي في أعداد الفطريات
(موسم 2006-2007)

2.4.7.5. أعداد الفطريات في نهاية موسم 2007-2008:

تبين النتائج المدونة في الجدول (36.5.) والجدول (37.5.) والملحق (4.) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في نهاية موسم 2007-2008.

ففي التربة S_1: ارتفعت أعداد الفطريات عند الإضافات المختلفة من الزنك بفروق معنوية وخصوصاً في المستوى Zn_1 مقارنة مع أعداد الفطريات عند المستوى Zn_0. وتجلت المحافظة على التوازن الميكروبي في التربة عند الإضافات المختلفة للنحاس حيث لم تكن الفروق معنوية في أعداد الفطريات بين المعاملات المدروسة، وهذه النتيجة وافقت النتيجة التي توصل إليها (Wang *et al.*, 2007)، حيث أن هناك بعض الأنواع الميكروبية ذات مقدرة على إفراز إنزيمات خارجية على ميسليوم بعض الفطريات وأنواع ميكروبية أخرى تفرز إنزيمات في داخل الخلايا الفطرية، وبالنتيجة تسهم هذه الإنزيمات مثل إنزيم Chitinase, Cellulase, Peptidoglycanase في تحلل السيليلوز والكيتين الموجود في الخلايا الفطرية (محمود وآخرون، 1988).

كان للتسميد العضوي دور إيجابي في نمو الفطريات بظروف زراعة الخس حيث أدى المعدل OM_1, OM_2 إلى ارتفاع معنوي في أعداد الفطريات مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد OM_0. وهذا يدلل على دور التسميد العضوي الإيجابي في النشاط الميكروبيولوجي للتربة. كما ارتفعت أعداد الفطريات في المعاملة OM_2 مقارنة مع أعداد فطريات المعاملة OM_1 إلا أن الفرق لم يكن معنوياً.

الجدول (36.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في أعداد الفطريات في موسم 2007–2008

Traitements	Champignons ....(10^3/1g sol sec)...............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	8.32	12.82	13.89	10.52	9.44	10.73	**3.71***	**ns**
Cu	10.58	12.87	10.52	10.59	10.56	10.62	**ns**	**ns**
OM	6.52	12.47	12.15	12.46	12.99	9.14	**2.86***	**ns**

لوحظت فروق معنوية في أعداد الفطريات نتيجة الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (7.4.) في الملحق رقم (4.)- حيث كان للمعاملة Zn_1Cu_0 تأثير إيجابي في زيادة أعداد الفطريات (19.54 ألف) مقارنة مع تأثير المعاملة Zn_1Cu_2 (9.54 ألف). وهذا سببه أن الإضافة المشتركة للنحاس والزنك أثرت سلباً في المعاملة Zn_1Cu_2 نتيجة الإجهاد المعدني المتمثل في مشاركة النحاس مع الزنك في التأثير في هذه المجموعة الميكروبية.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (5.4.) في الملحق رقم (4.)- لوحظ ارتفاع معنوي في أعداد الفطريات في المعاملتين OM_1Zn_1, OM_1Zn_2 مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد. فقد بلغت (19.66 ألف) في المعاملة OM_1Zn_1 مقابل (6.72 ألف) في معاملة الشاهد. كما ارتفعت أعداد الفطريات تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس بفروق معنوية في بعض المعاملات وبفروق ظاهرية في بعضها الآخر –الجدول (6.4.) في الملحق رقم (4.)-. وتحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس ارتفعت أعداد الفطريات في أغلب المعاملات بفروق معنوية وبعضها بفروق ظاهرية مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد –الجدول (8.4.) في الملحق رقم (4.)-. تفوقت المعاملة $OM_2Zn_1Cu_1$ (22.93 ألف) على كل من $OM_1Zn_1Cu_1$ (12.00 ألف) و $OM_0Zn_1Cu_1$ (2.89 ألف) و $OM_0Zn_0Cu_1$ (9.42 ألف) و $OM_0Zn_1Cu_0$ (5.87 ألف) وهذا عائد للدور الإيجابي للتسميد العضوي.

في التربة S_2: بينت النتائج أن الإضافات المنفردة من الزنك أدت لانخفاض غير معنوي في أعداد الفطريات مقارنة مع الشاهد Zn_0، كما كان لإضافات النحاس تأثير غير معنوي في

انخفاض أعداد الفطريات مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد Cu_0، وقد يكون ذلك نتيجة ظهور أنواع مقاومة لتراكيز النحاس. وبذلك يكون لهذين العاملين تأثير مختلف تماماً في التربة S_2 الكلسية عن التربة S_1 المزروعتين بنبات الخس.

لوحظت فروق عالية المعنوية في انخفاض أعداد الفطريات في المعاملات المدروسة تحت تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد (19.93 ألف) –الجدول (7.4.) في الملحق رقم (4.)-. وكان التأثير السلبي على أشده في المعاملة Zn_2Cu_2 (8.41 ألف)، وهذا يعني أن الفطريات تأثرت في ترب هذه المعاملات بشكل سلبي نتيجة الإجهاد الذي تعرضت له والناجم عن وجود تراكيز مختلفة وبشكل مشترك لكلٍ من الزنك والنحاس.

انخفضت أعداد الفطريات نتيجة الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك بفروق غير معنوية –الجدول (5.4.) في الملحق رقم (4.)- مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد (17.96 ألف) وبلغت في المعاملة OM_2Zn_1 (9.45 ألف). كما أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس –الجدول (6.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى انخفاض معنوي في أغلب المعاملات وظاهري في بعضها الآخر مقارنة مع أعداد معاملة الشاهد. حيث تراوحت أعداد الفطريات بين (17.38 ألف) في معاملة الشاهد و (8.16 ألف) في المعاملة OM_2Cu_2.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (8.4.) في الملحق رقم (4.)- لوحظ انخفاض عالي المعنوية في أعداد الفطريات بين المعاملات مقارنة مع معاملة الشاهد (38.47 ألف) إذ تجلى الانخفاض السلبي على أشده في المعاملة $OM_2Zn_0Cu_1$ (5.44 ألف) وفي المعاملة $OM_1Zn_1Cu_1$ (5.67 ألف). وهذا يعني أن التسميد العضوي في ظروف الترب الكلسية (S_2) لم يكن له الوقع المؤثر كثيراً للتقليل من التأثير السلبي لكل من الزنك والنحاس في أعداد الفطريات.

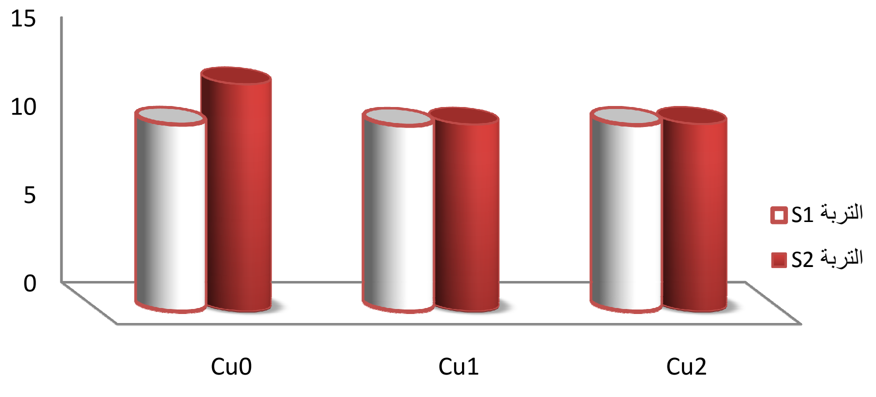
الجدول (37.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في أعداد الفطريات

Traitements	**$LSD_{0.05}$**	
	S_1	S_2
Zn. Cu	5.81*	5.75**
OM. Zn	5.58*	ns
OM. Cu	5.15*	5.20*
OM. Zn. Cu	9.65*	9.58**

عند مقارنة محتوى التربتين المزروعتين بالخس تبين أنه لا توجد فروق معنوية في محتواهما من أعداد الفطريات إذ بلغت في التربة S_1 (10.55 ألف) وفي التربة S_2 (11.36 ألف) -الشكل (1.18.5.، 2.18.5، 3.18.5.).

بينت النتائج أن محتوى التربة المزروعة بالسبانخ احتوت على أعداد من الفطريات (14.97 ألف) أعلى معنوياً من محتوى التربة المزروعة بالخس (10.96 ألف).

الشكل (1.18.5.). تأثير إضافة الزنك في أعداد الفطريات
(موسم 2007-2008)



الشكل (2.18.5.). تأثير إضافة النحاس في أعداد الفطريات
(موسم 2007-2008)

Cham(10^3/1g s.s.)

15
10
5
0

OM0 OM1 OM2

S1 التربة
S2 التربة

المعاملات

الشكل (.3.18.5). تأثير التسميد العضوي في أعداد الفطريات
(موسم 2007-2008)

5.7.5. شدة تنفس التربة La respiration du sol:

1.5.7.5. شدة تنفس التربة في نهاية موسم 2006-2007:

تبين النتائج المدونة في الجدول (.38.5) والجدول (.39.5) والشكل (1.19.5، 2.19.5.، 3.19.5.) والملحق رقم (.4) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي والزنك والنحاس في شدة تنفس التربة في نهاية موسم 2006-2007.

ففي التربة S_1: بينت النتائج أن لإضافات الزنك تأثير سلبي في شدة تنفس التربة، وهذا ما أثبتته العديد من الدراسات والأبحاث. وأكدته نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (.46.5)- بوجود علاقة ارتباط سلبية معنوية بين شدة تنفس التربة ومحتوى التربة من الزنك القابل للإفادة. حيث انخفضت شدة تنفس التربة عند المستوى Zn_2 بفروق عالية المعنوية مقارنة مع شدة تنفس التربة عند المستويين (Zn_1, Zn_0). كما أدت إضافة النحاس بمعدل Cu_1, Cu_2 إلى انخفاض عالي المعنوية في شدة التنفس مقارنة مع تلك التي في تربة الشاهد Cu_0. وهذا ما يتفق مع ما توصل إليه (Vogeler *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2007)، وترافق ذلك مع انخفاض أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية.

أدى التسميد العضوي إلى إحداث فروق عالية المعنوية بين المعاملات حيث ارتفعت شدة التنفس بفروق معنوية عند المستوى OM_1 مقارنة مع شدة التنفس الناتجة عن المستوى OM_0. وهذا عائد إلى التأثير الإيجابي المعروف للسماد العضوي في شدة تنفس التربة، حيث ارتفع النشاط الميكروبيولوجي للمجاميع الرئيسة المدروسة في معاملات التسميد العضوي. في حين

لوحظ انخفاض في شدة تنفس التربة عند استخدام المستوى OM_2 مقارنة مع المستويين OM_0, OM_1، وهذا ما يتفق مع ما توصل إليه (Kao *et al.*, 2006; Robert *et al.*, 1995).

الجدول (38.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في شدة تنفس التربة في موسم 2006–2007

Traitements	La respiration du sol ....(mg CO_2 g^{-1} dm. $24h^{-1}$)..............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	0.493	0.147	0.471	0.204	0.413	0.255	**0.032****	**0.027****
Cu	0.505	0.205	0.437	0.219	0.435	0.181	**0.028****	**0.025***
OM	0.480	0.152	0.595	0.188	0.301	0.266	**0.026****	**0.056***

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (3.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى إحداث فروق معنوية في شدة تنفس تربة المعاملات المختلفة، حيث انخفضت شدة تنفس تربة أغلب المعاملات بفروق معنوية وبفروق غير معنوية ببعضها الآخر، وذلك بالمقارنة مع شدة تنفس تربة الشاهد Zn_0Cu_0، وهذا ما يتفق مع (Wang *et al.*, 2007). ويمكن أن يعود سبب انخفاض شدة تنفس التربة هنا إلى انخفاض في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية والاكتينومايسيتات والفطريات. كما لوحظ انخفاض شدة تنفس تربة المعاملة Zn_2Cu_1 مقارنة مع شدة تنفس تربة المعاملتين Zn_2Cu_0, Zn_0Cu_1 وهذا ما بينه (Bååth *et al.*, 1998).

لوحظ في المعاملات التي أضيف إليها الزنك مع السماد العضوي –الجدول (1.4.) في الملحق رقم (4.)- أن للمعاملة OM_1Zn_1 تأثير إيجابي معنوي في ارتفاع شدة تنفس التربة مقارنة مع شدة تنفس تربة الشاهد OM_0Zn_0. كما أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس – الجدول (2.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى ارتفاع معنوي في شدة تنفس تربة المعاملتين OM_1Cu_1 مقارنة مع شدة تنفس تربة الشاهد OM_0Cu_0. إن ارتفاع شدة تنفس التربة في المعاملات المذكورة آنفاً سبّبه تأثير التسميد العضوي الإيجابي على المجاميع الفيزيولوجية للكائنات الحية الدقيقة في التربة.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (4.4.) في الملحق رقم (4.)- لوحظت فروق عالية المعنوية، حيث انخفضت شدة تنفس تربة أغلب المعاملات بالمقارنة مع شدة تنفس تربة الشاهد، وكان التأثير السلبي لهذا الفعل على أشده في شدة تنفس

تربة المعاملة $OM_0Zn_2Cu_1$. وقد ترافق ذلك مع انخفاض في أعداد الفطريات في المعاملات المسمدة بالزنك والنحاس مع التسميد العضوي، حيث تعدّ الفطريات أكثر المجاميع الفيزيولوجية للكائنات الحية الدقيقة قدرة على تحلل المادة العضوية.

وفي التربة S_2: أظهرت النتائج بأن خصائص التربة لعبت دوراً هاماً في تأثير الزنك في شدة تنفس التربة حيث أن إضافات الزنك أدت إلى ارتفاع عالي المعنوية في شدة التنفس وقد يكون ذلك بسبب ظهور أنواع وسلالات بكتيرية متعايشة مع ظروف التربة العالية المحتوى من الزنك، حيث ارتفعت شدة تنفس تربة المعاملة Zn_2 مقارنة مع شدة تنفس تربة المعاملتين (Zn_1، والشاهد) بفروق معنوية ملموسة، كما لوحظ ارتفاع شدة تنفس تربة المعاملة Zn_1 مقارنة مع شدة تنفس تربة الشاهد وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه (Barajas Aceves *et al.*, 1999). وهذا ما أكدته نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (47.5.)- بوجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين شدة تنفس التربة ومحتوى التربة من الزنك المتاح.

تباين تأثير إضافة النحاس في شدة تنفس التربة مقارنة مع شدة تنفس التربة عند المستوى Cu_0، حيث لوحظ انخفاض معنوي في شدة تنفس تربة المعاملة Cu_2 مقارنة مع شدة تنفس تربة المعاملة Cu_1. وهذا ترافق أيضاً مع انخفاض أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني في المعاملات التي أضيف إليها النحاس بتراكيز مختلفة.

ظهر تأثير التسميد العضوي الإيجابي في ارتفاع شدة تنفس تربة المعاملتين OM_1, OM_2 مقارنة مع شدة تنفس تربة الشاهد OM_0. حيث كان ارتفاع شدة تنفس تربة المعاملة OM_2 معنوياً بالمقارنة مع شدة تنفس تربة المعاملتين (OM_1، والشاهد)، وهذه النتيجة تتوافق مع نتائج دراسات كثيرة أثبتت أن للتسميد العضوي دور إيجابي معروف في زيادة شدة تنفس التربة، وبينته نتائج تحليل الارتباط –الجدول (47.5.)- بوجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين شدة تنفس التربة ومحتوى التربة من المادة العضوية.

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (3.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى إحداث فروق معنوية في شدة تنفس التربة بين المعاملات المدروسة. فعند مستوى إضافة (100 $mg.kg^{-1}$) لكلٍ من الزنك والنحاس تبين أن للنحاس (Zn_0Cu_2) تأثير سلبي معنوي مقارنة مع

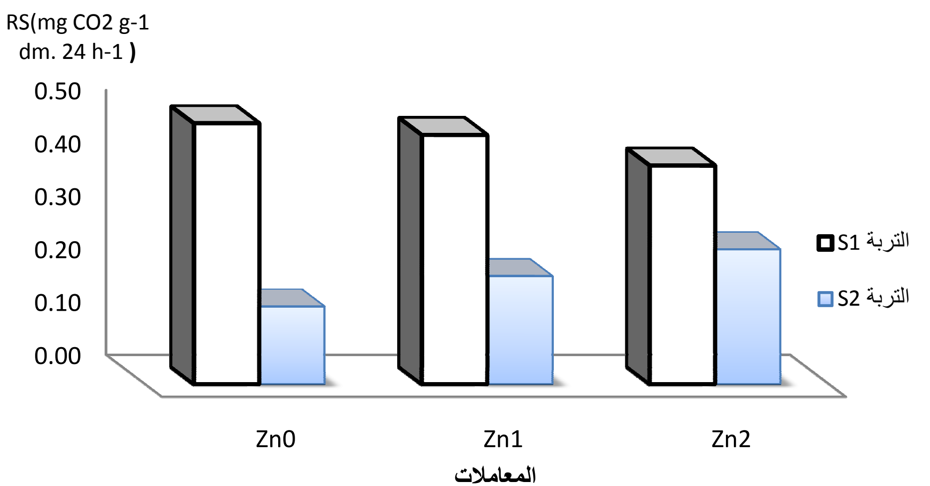
تأثير الزنك (Zn_1Cu_0) في شدة تنفس التربة وهذا ما ترافق مع انخفاض أعداد الفطريات والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات.

كان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك، وللفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس، تأثير في إحداث فروق عالية المعنوية في شدة تنفس تربة المعاملات المدروسة، حيث ارتفعت شدة تنفس تربة أغلب المعاملات بفروق معنوية، بالمقارنة مع شدة تنفس تربة الشاهد. وهذا عائد إلى التأثير الإيجابي للسماد العضوي الذي خفض من التاثير السلبي للنحاس في المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة وخصوصاً البكتريا غير ذاتية التغذية والاكتينومايسيتات –الجدول (.1.4) والجدول (.2.4) في الملحق رقم (.4)-.

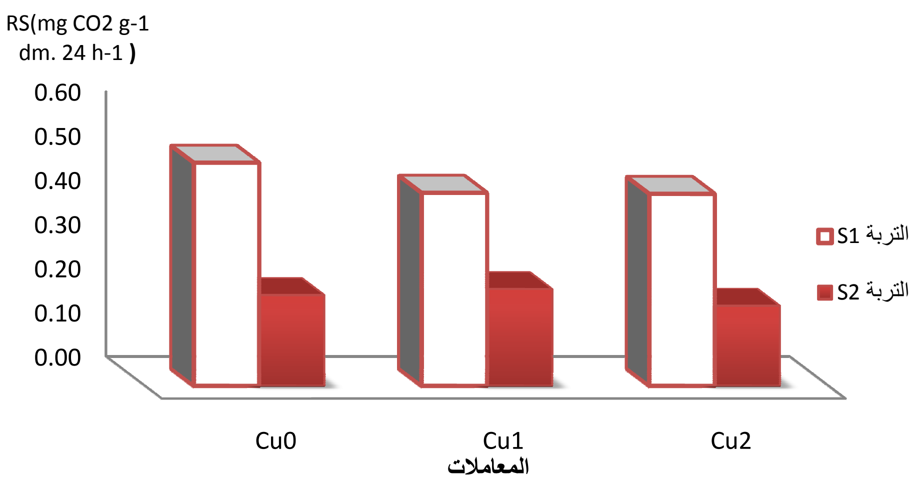
تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (.4.4) في الملحق رقم (.4)- ارتفعت شدة تنفس تربة أغلب المعاملات معنوياً بالمقارنة مع شدة تنفس تربة الشاهد، وتجلى الارتفاع الأعظمي في شدة تنفس التربة في تربة المعاملة $OM_2Zn_1Cu_1$. وتفسير ذلك أن هذا الارتفاع عائد إلى دور المادة التسميد العضوي وارتفاع البكتريا غير ذاتية التغذية.

الجدول (39.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في شدة تنفس التربة

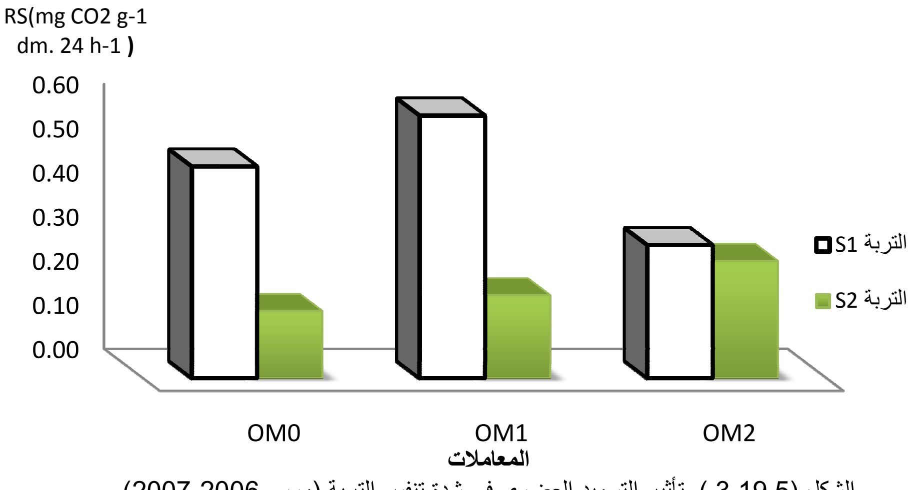
Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	0.049*	0.043*
OM. Zn	0.048**	0.059**
OM. Cu	0.044**	0.058**
OM. Zn. Cu	0.082**	0.082*



الشكل (.1.19.5). تأثير إضافات الزنك في شدة تنفس التربة (موسم 2006-2007)



الشكل (.2.19.5). تأثير إضافات النحاس في شدة تنفس التربة (موسم 2006-2007)



الشكل (3.19.5.). تأثير التسميد العضوي في شدة تنفس التربة (موسم 2006-2007)

2.5.7.5. شدة تنفس التربة في نهاية موسم 2007-2008:

أظهرت النتائج المتحصل عليها في الجدول (40.5.) والجدول (41.5.) والشكل (1.20.5.، 2.20.5.، 3.20.5.) والملحق رقم (4.) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في شدة تنفس التربة في نهاية موسم 2007-2008.

حيث بينت النتائج المدونة أنه لم يكن لإضافات الزنك تأثير معنوي في شدة تنفس التربة S_1، وهذه الفروق ظاهرية ليس لها دلالة إحصائية. كما أدت إضافة النحاس بمعدل Cu_2 إلى انخفاض عالي المعنوية في شدة تنفس التربة مقارنة مع شدة تنفس تربة المعاملتين (Cu_1، والشاهد Cu_0). وهذا سببه انخفاض أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية في هذه التربة. وهذا ما بينته نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (48.5.)- بوجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين شدة تنفس التربة وأعداد البكتريا غير ذاتية التغذية.

كان للتسميد العضوي تأثير إيجابي عالي المعنوية في ارتفاع شدة تنفس تربة المعاملتين OM_1, OM_2 مقارنة مع شدة تنفس تربة الشاهد OM_0، وهذا ما ترافق بارتفاع أعداد الفطريات حيث بينت نتائج تحليل الارتباط –الجدول (48.5.)- بوجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين شدة تنفس التربة وأعداد الفطريات. وهذه النتيجة تتوافق مع ما توصل إليه (Kao *et al.*, 2006; Robert *et al.*, 1995) ويعود ذلك إلى التأثير الإيجابي للتسميد العضوي على مجمل الخواص الكيميائية والفيزيائية والحيوية للتربة.

الجدول (40.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في شدة تنفس التربة في موسم 2007–2008

Traitements	La respiration du sol ....(mg CO_2 g^{-1} dm. $24h^{-1}$)..............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Zn	121.39	98.51	121.98	95.62	120.93	96.93	**ns**	**1.59***
Cu	122.14	95.93	123.65	95.25	118.51	99.88	**1.59****	**1.48****
OM	107.44	100.51	128.05	93.01	128.80	97.54	**2.60****	**2.50***

كان للفعل المتبادل بين الزنك والنحاس –الجدول (7.4.) في الملحق رقم (4.)- تأثير معنوي في إحداث فروق في شدة تنفس التربة بين المعاملات وسبب ذلك يعود إلى انخفاض أعداد الفطريات في هذه المعاملات. وكما هو معروف فإن الفطريات تلعب الدور الأكبر من بين المجاميع الميكروبية التي تقوم بتفكيك المواد العضوية. فقد لوحظ انخفاض معنوي في شدة تنفس تربة المعاملة Zn_2Cu_2 مقارنة مع شدة تنفس تربة المعاملة Zn_2Cu_0.

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك، والفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس إلى إحداث فروق معنوية في شدة تنفس تربة المعاملات، حيث ارتفعت شدة تنفس تربة أغلب المعاملات مقارنة مع شدة تنفس تربة الشاهد.وهذا الارتفاع ناجم بشكل أساسي عن التأثير الإيجابي للتسميد العضوي وهنا أيضاً ارتفعت في مثل هذه المعاملات أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية والاكتينومايسيتات –الجدول (5.4.) والجدول (6.4.) في الملحق رقم (4.)-.

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (8.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى إحداث فروق عالية المعنوية بين شدة تنفس تربة المعاملات المختلفة، إذ لوحظ أخفض شدة تنفس في تربة المعاملة $OM_0Zn_1Cu_0$، بينما حظيت تربة المعاملة $OM_2Zn_1Cu_0$ بالشدة الأعلى لتنفس التربة. وهذا يفسره ارتفاع أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات في هذه المعاملات.

وفي التربة S_2: أدت إضافة الزنك للتربة إلى انخفاض معنوي في شدة تنفس تربة المعاملتين Zn_1, Zn_2 مقارنة مع شدة تنفس تربة الشاهد Zn_0، وهذا سببه انخفاض أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والفطريات في ترب المعاملات التي أضيف إليها الزنك.

أدت إضافة النحاس بمعدل Cu_2 إلى ارتفاع شدة تنفس التربة مقارنة مع شدة تنفس تربة المعاملتين (Cu_1، والشاهد). ويمكن أن يكون ذلك عائد إلى ارتفاع أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات في تربة هذه المعاملة.

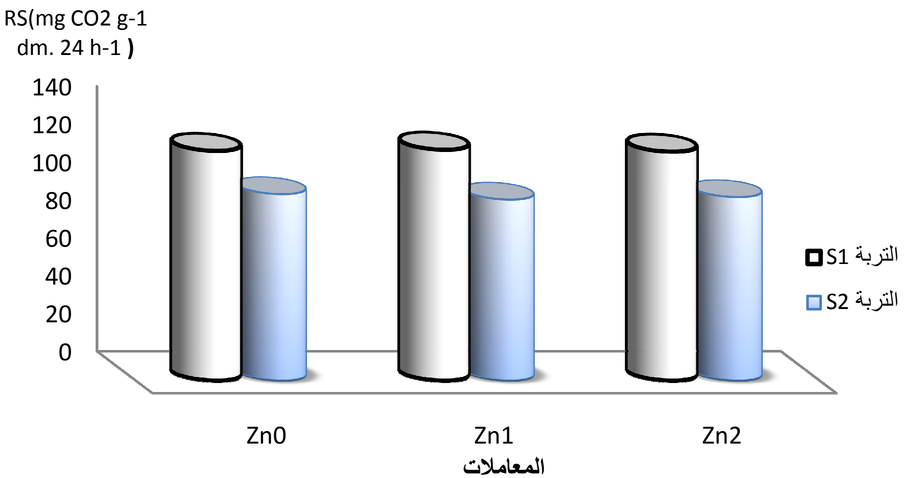
أحدث الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس فروق عالية المعنوية في شدة تنفس تربة المعاملات المدروسة –الجدول (7.4.) في الملحق رقم (4.)-، حيث ارتفعت شدة تنفس تربة المعاملتين Zn_1Cu_0, Zn_0Cu_2 معنوياً مقارنة مع شدة تنفس تربة المعاملة Zn_1Cu_2 وهذه النتيجة تتفق مع نتيجة (Bååth *et al.*, 1998). كما أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (5.4.) في الملحق رقم (4.)- إلى إحداث فروق عالية المعنوية في شدة تنفس التربة، إذ لوحظ انخفاض شدة تنفس التربة في المعاملة OM_1Zn_2 وهذا ترافق مع انخفاض في أعداد الفطريات في تربة هذه المعاملة.

كان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس تأثير عالي المعنوية في شدة تنفس تربة المعاملات المدروسة –الجدول (6.4.) في الملحق رقم (4.)- حيث لوحظ انخفاض شدة تنفس في تربة المعاملة OM_2Cu_2 وهذا الارتفاع يمكن أن يعزى إلى ازدياد أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية والاكتينومايسيتات في تربة هذه المعاملة.

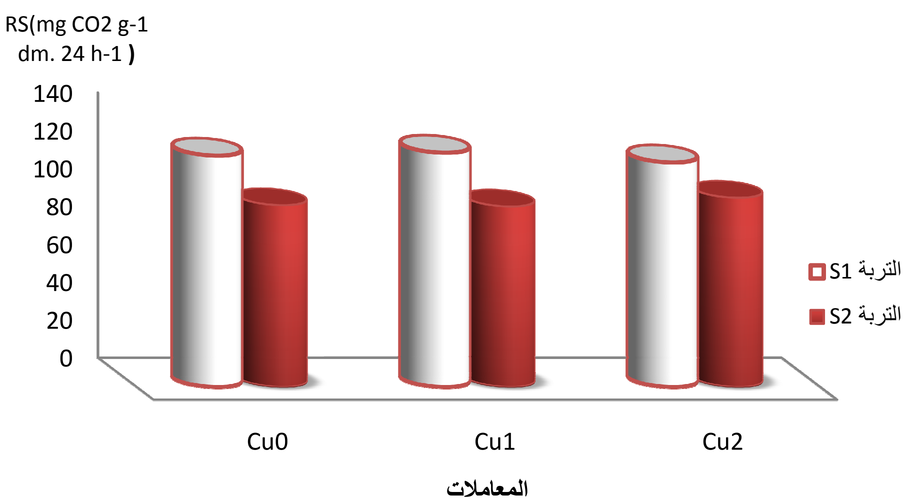
تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس لوحظت فروق عالية المعنوية في شدة تنفس تربة المعاملات –الجدول (8.4.) في الملحق رقم (4.)-، حيث لوحظ التأثير الأشد سلبية للفعل $OM_1Zn_2Cu_1$ بينما كان التأثير الأكثر إيجابية في ارتفاع شدة تنفس التربة للفعل $OM_0Zn_2Cu_2$ وهذا ما اتفق مع نتيجة (Kunito *et al.*, 2001)، وقد يكون ذلك عائد إلى انخفاض أعداد الفطريات في ترب هذه المعاملات.

الجدول (**41.5**.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في شدة تنفس التربة

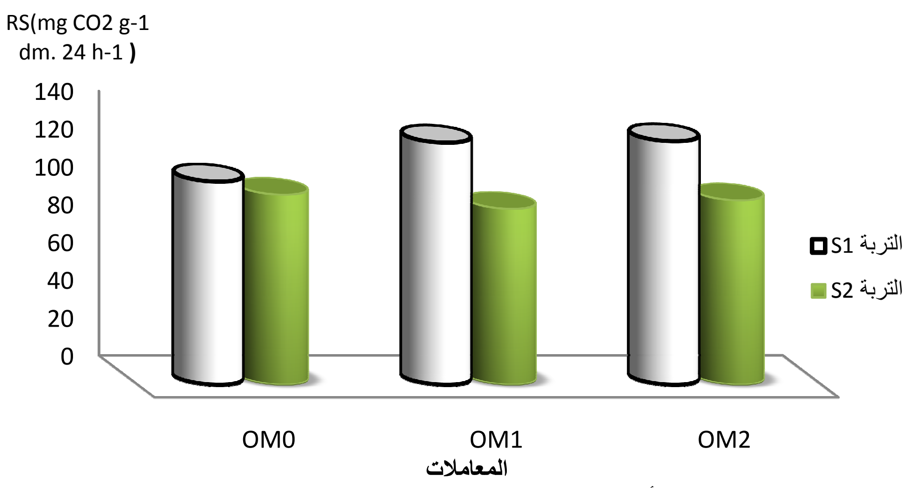
Traitements	**$LSD_{0.05}$**	
	S_1	S_2
Zn. Cu	3.16*	2.55**
OM. Zn	3.84**	2.95**
OM. Cu	3.04**	2.88**
OM. Zn. Cu	5.32**	4.54**



الشكل (5.20.1.). تأثير إضافات الزنك في شدة تنفس التربة (موسم 2007-2008)



الشكل (5.20.2.). تأثير إضافات النحاس في شدة تنفس التربة (موسم 2007-2008)



الشكل (5.20.3.). تأثير التسميد العضوي في شدة تنفس التربة (موسم 2007-2008)

8.5. تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في إنتاجية محصولي السبانخ والخس من المادة الجافة (La matière sèche):

1.8.5. إنتاجية محصول السبانخ من المادة الجافة:

يلاحظ من الجدول (42.5.) والجدول (43.5.) والملحق رقم (5.) تأثير الإضافات المختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في إنتاجية محصول السبانخ من المادة الجافة.

أنه في التربة S_1: كان للتسميد العضوي المضاف تأثير عالي المعنوية في زيادة الإنتاجية من المادة الجافة للسبانخ، حيث ارتفعت إنتاجية المعاملة OM_2 بفروق عالية المعنوية على كل من إنتاجية المعاملة OM_1 والشاهد OM_0، كما ارتفعت إنتاجية المعاملة OM_1 على الشاهد بفروق عالية المعنوية أيضاً. وهذا عائد إلى الدور الإيجابي للمادة العضوية في مجمل خصائص التربة بالإضافة إلى كونها مصدر للعديد من العناصر المغذية. وتتوافق هذه النتيجة مع ما توصل إليه (Afyuni *et al.*, 2006) في دراسته على نبات السبانخ والخس، ومع ما توصل إليه (Simon, 2005) في دراسته على نبات الفستوكا *Fustuca rubra*. كما بينت نتائج تحليل الارتباط –الجدول (46.5.)- وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية السبانخ من المادة الجافة

أدت المستويات المضافة من الزنك إلى زيادة غير معنوية في إنتاجية السبانخ من المادة الجافة. كما لم يكن لإضافات النحاس تأثير في الإنتاجية الجافة للسبانخ. بينما كان لمحتوى أوراق السبانخ من النحاس علاقة ارتباط سلبية معنوية مع الإنتاجية من المادة الجافة –الجدول (46.5.)-.

الجدول (42.5.). تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في إنتاجية محصول السبانخ من المادة الجافة

Traitements	La matière sèche ....(g/Plante)...............						LSD$_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
OM	0.964	0.474	1.922	0.909	2.127	1.618	**0.359****	**0.189****
Zn	1.633	1.054	1.656	1.029	1.724	0.918	**ns**	**ns**
Cu	1.673	1.182	1.722	0.964	1.618	0.854	**ns**	**0.101***

لم يؤدِ الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك إلى إحداث فروق معنوية بين المعاملات المدروسة –الجدول (1.5.) في الملحق رقم (5.)- حيث تراوحت الإنتاجية من المادة الجافة بين (0.98 g/Plante) في المعاملة OM_0Zn_2 و (2.31 g/Plante) في المعاملة OM_2Zn_2.

كما لم يكن للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس تأثير معنوي في إحداث فروق بين المعاملات –الجدول (2.5.) في الملحق رقم (5.)- وتراوحت الإنتاجية بين (0.87 g/Plante) في المعاملة OM_0Cu_2 و (2.25 g/Plante) في المعاملة OM_2Cu_1.

لم تلحظ فروق معنوية نتيجة الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس في الإنتاجية من المادة الجافة، –الجدول (3.5.) في الملحق رقم (5.)- ولوحظ أن إنتاجية المعاملة Zn_1Cu_0 أعلى بفروق غير معنوية من إنتاجية المعاملة Zn_0Cu_2.

لم يكن للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس تأثير معنوي في إنتاجية المعاملات المدروسة من المادة الجافة للسبانخ –الجدول (4.5.) في الملحق رقم (5.)- التي تراوحت بين (2.66 g/Plante) في المعاملة $OM_2Zn_2Cu_1$ و (0.82 g/Plante) في المعاملة $OM_0Zn_1Cu_1$.

في التربة S_2: لوحظ أنه بزيادة معدل التسميد العضوي المضاف زادت إنتاجية السبانخ من المادة الجافة بفروق عالية المعنوية، وتبين النتائج أن لخصائص التربة دور في تأثير التسميد العضوي على الإنتاجية من المادة الجافة حيث تفوقت معنوياً إنتاجية التربة S_1 على إنتاجية التربة S_2. كما بينت نتائج تليل الارتباط المشترك –الجدول (47.5.)- وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين إنتاجية السبانخ من المادة الجافة ومحتوى التربة من المادة العضوية وأعداد الاكتينومايسيتات.

كان لإضافات الزنك تأثير سلبي في الإنتاجية من المادة الجافة إلا أن هذا التأثير لم يكن معنوياً (وبذلك يكون تأثير الزنك المضاف معاكس تماماً لتأثيره في التربة S_1). ووجد (Heitholt *et al.*, 2002) في دراستهم على نمو الفاصولياء في تربة كلسية أن زيادة معدلات الزنك والنحاس والمنغنيز في التربة لم تؤدِ لانخفاض في نمو النبات، وفي دراسة أخرى على نبات *Hyptis suaveolens* من قبل (Vasantha pillay *et al.*, 1994) بينت أن إضافات الزنك أدت إلى انخفاض إنتاجية هذا النبات.

أحدثت إضافات النحاس انخفاض معنوي في إنتاجية السبانخ من المادة الجافة حيث انخفضت الإنتاجية لدى استخدام المستوى Cu_2 بفروق معنوية مقارنة مع الإنتاجية المسجلة عند استخدام المستويين Cu_1 و Cu_0، كما انخفضت الإنتاجية لدى استخدام المستوى Cu_1 مقارنةً مع الإنتاجية المسجلة لدى استخدام المستوى Cu_0 بفروق معنوية أيضاً.

كان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك –الجدول (1.5.) في الملحق رقم (5.)- تأثير معنوي في إنتاجية المعاملات المختلفة من المادة الجافة للسبانخ، حيث ارتفعت إنتاجية أغلب المعاملات مقارنة مع إنتاجية المستوى OM_0Zn_0. كما ارتفعت الإنتاجية بفروق معنوية بزيادة معدل التسميد العضوي عند نفس مستوى إضافة الزنك. وتراوحت الإنتاجية من المادة الجافة بين (1.87 g/Plante) في المعاملة OM_2Zn_0 و (0.39 g/Plante) في المعاملة OM_0Zn_2.

لم يكن للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس تأثير معنوي في إنتاجية محصول السبانخ من المادة الجافة –الجدول (2.5.) في الملحق رقم (5.)- التي تراوحت بين (0.34 g/Plante) في المعاملة OM_0Cu_2 و (1.87 g/Plante) في المعاملة OM_2Cu_0.

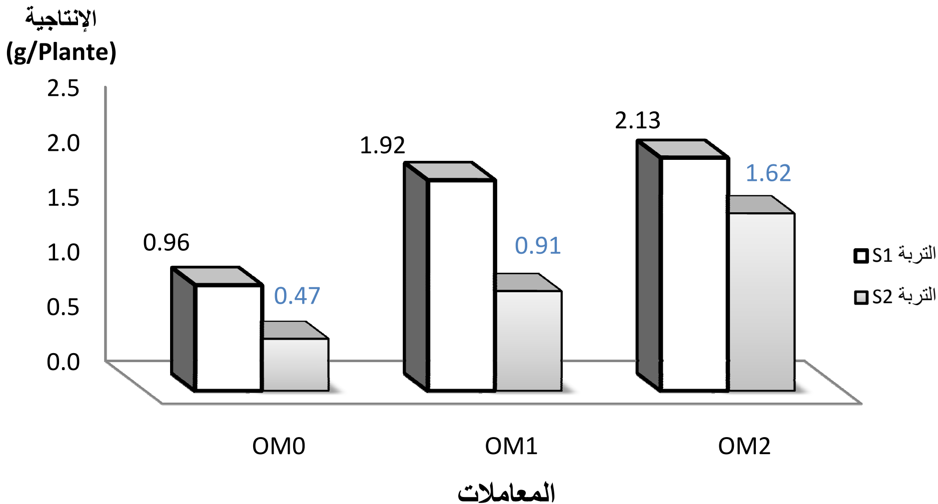
كان للفعل المتبادل بين الزنك والنحاس تأثير في إحداث فروق معنوية بين المعاملات –الجدول (3.5.) في الملحق رقم (5.)-، حيث انخفضت الإنتاجية في أغلب المعاملات معنوياً مقارنة مع إنتاجية المعاملة Zn_0Cu_0. ولقد تبين أن إنتاجية المعاملة Zn_1Cu_0 أعلى معنوياً من إنتاجية المعاملتين Zn_1Cu_2, Zn_0Cu_2.

أدى الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (4.5.) في الملحق رقم (5.)- إلى إحداث فروق معنوية بين المعاملات في إنتاجية السبانخ من المادة الجافة، حيث ارتفعت إنتاجية أغلب المعاملات مقارنة مع إنتاجية المعاملة $OM_0Zn_0Cu_0$. وارتفعت إنتاجية المعاملة $OM_2Zn_2Cu_1$ على إنتاجية المعاملة $OM_2Zn_1Cu_1$ التي ارتفعت بدورها عن إنتاجية المعاملة $OM_0Zn_1Cu_1$. وتراوحت الإنتاجية من (1.98 g/Plante) في المعاملة $OM_2Zn_0Cu_1$ و (0.35 g/Plante) في المعاملة $OM_0Zn_2Cu_2$.

وبينت نتائج التحليل تفوق إنتاجية التربة S_1 (1.67 g/Plante) على إنتاجية التربة S_2 (1 g/Plante) من المادة الجافة للسبانخ بفروق غير معنوية الشكل (21.5.).

الجدول (43.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المتبادلة للعوامل المدروسة في إنتاجية محصول السبانخ من المادة الجافة

Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	ns	1.185*
OM. Zn	ns	0.242*
OM. Cu	ns	ns
OM. Zn. Cu	ns	0.340*



الشكل (21.5.). تأثير التسميد العضوي في إنتاجية السبانخ من المادة الجافة

2.8.5. إنتاجية محصول الخس من المادة الجافة:

يبين الجدول (44.5.) والجدول (45.5.) والملحق رقم (5.) تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في إنتاجية محصول الخس من المادة الجافة.

في التربة S_1: أدى التسميد العضوي إلى زيادة معنوية في إنتاجية الخس من المادة الجافة مقارنة مع إنتاجية الشاهد (OM_0) وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه (Afyuni *et al.*, 2006) ولقد تراوحت الإنتاجية من المادة الجافة بين (2.88 g/Plante) في المعاملة OM_0 و (8.20 g/Plante) في المعاملة OM_2. كما بينت نتائج تحليل الارتباط –الجدول (48.5.)- وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين إنتاجية الخس من المادة الجافة ومحتوى التربة من المادة العضوية وأعداد المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة المدروسة.

كما لوحظ أن لإضافة الزنك تأثير في إنتاجية المعاملات المدروسة مقارنة مع إنتاجية الشاهد. وهذا ما وافق الدراسة التي أجراها (Barker, 1972) حول سمية مستويات الزئبق والرصاص والزنك والنحاس في النسيج النباتي للقرنبيط والخس والبطاطا والجزر التي بينت أن استجابة الخس للمستويات العالية من الزنك تجلى ذلك في نمو استثنائي سريع، فبينما لم يكن ارتفاع إنتاجية المادة الجافة في المعاملة Zn_1 مقارنة مع الإنتاجية في الشاهد Zn_0 معنوياً، كانت إنتاجية المعاملة Zn_2 أعلى معنوياً من إنتاجية الشاهد.

لم يكن لإضافات النحاس تأثير معنوي في إنتاجية المعاملات المدروسة من المادة الجافة للخس.

الجدول (44.5.) . تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد العضوي وعنصري الزنك والنحاس في إنتاجية محصول الخس من المادة الجافة

Traitements	La matière sèche ....(g/Plante)...............						$LSD_{0.05}$	
	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
OM	2.88	3.21	6.11	8.08	8.20	10.32	**2.33***	**1.50****
Zn	5.27	8.66	5.67	7.12	6.25	5.83	**0.61***	**1.33****
Cu	5.88	7.83	5.44	7.14	5.87	6.64	**ns**	**0.78***

كما لم يكن للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك تأثير معنوي في الإنتاجية من المادة الجافة حيث كان ارتفاع إنتاجية المعاملات غير معنوي مقارنة مع إنتاجية الشاهد OM_0Zn_0 (2.65 g/Plante) –الجدول (5.5.) في الملحق رقم (5.)-.

كان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس تأثير غير معنوي في إنتاجية الخس من المادة الجافة –الجدول (6.5.) في الملحق رقم (5.)- والارتفاع الملاحظ في إنتاجية أغلب المعاملات مقارنة مع إنتاجية الشاهد عائد إلى المستوى المضاف من السماد العضوي، وتراوحت الإنتاجية من المادة الجافة بين (8.51 g/Plante) في المعاملة OM_2Cu_2 و (2.71 g/Plante) في المعاملة OM_0Cu_2، مقابل (3.03 g/Plante) في الشاهد (OM_0Cu_0).

أدى الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس إلى إحداث فروق غير معنوية بين المعاملات إذ بلغت الإنتاجية (6.81 g/Plante) في المعاملة Zn_2Cu_0 مقابل (5.35 g/Plante) في الشاهد (Zn_0Cu_0) –الجدول (7.5.) في الملحق رقم (5.)-.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس لوحظت فروق معنوية في إنتاجية المعاملات المدروسة من المادة الجافة للخس –الجدول (.8.5) في الملحق رقم (.5)-. وتتوافق هذه النتيجة مع ما توصل إليه (Afyni *et al.*, 2006) لتتراوح الإنتاجية بين 10.70) (g/Plante في المعاملة $OM_2Zn_2Cu_0$ و (2.07 g/Plante) في الشاهد، بينما انخفضت إنتاجية المعاملة $OM_0Zn_2Cu_2$ إلى (2.30 g/Plante) بفروق غير معنوية مقارنة مع إنتاجية الشاهد ($OM_0Zn_0Cu_0$). وهذا ما شابه دراسة (Evanylo *et al.*, 2006) على محصول الذرة حيث تبين حصول زيادة في إنتاجية الذرة مع إضافة السماد العضوي لتربة لومية طينية ملوثة بالمعادن الثقيلة، بينما انخفض الإنتاج لاحقاً بسبب السمية النباتية.

وتبين نتائج التربة S_2 المدونة أن لزيادة مستوى التسميد العضوي تأثير عالي المعنوية في زيادة إنتاجية الخس من المادة الجافة، لتصل الإنتاجية إلى (10.32 g/Plante) في المعاملة OM_2 مقابل (3.21 g/Plante) في الشاهد OM_0.

وعند إضافات الزنك المدروسة لوحظ انخفاض معنوي في إنتاجية المادة الجافة لمحصول الخس مقارنة مع الشاهد، وتوافقت هذه النتيجة مع نتيجة (Bickel et Killorn, 2007). ولقد كان للزنك المضاف هنا تأثير مختلف عما هو ملاحظ في التربة S_1 المزروعة بنفس النبات. كما بينت نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (.49.5)- وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية بين إنتاجية الخس من المادة الجافة ومحتوى التربة من الزنك المتاح ومحتوى أوراق الخس من هذا العنصر.

كما أدت إضافة النحاس إلى انخفاض الإنتاجية من المادة الجافة حيث انخفضت إنتاجية المعاملة Cu_2 بفروق معنوية، بينما كان انخفاض إنتاجية المعاملة Cu_1 غير معنوي، مقارنة مع إنتاجية الشاهد Cu_0. وبينت نتائج تحليل الارتباط المشترك –الجدول (.49.5)- وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية بين إنتاجية الخس من المادة الجافة ومحتوى أوراق الخس من النحاس.

كان للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك تأثير معنوي في إنتاجية الخس من المادة الجافة –الجدول (.5.5) في الملحق رقم (.5)-. فعند المستوى نفسه من الزنك، أدت إضافة السماد العضوي إلى زيادة الإنتاجية، بينما عند المستوى نفسه من السماد العضوي كان لزيادة مستوى الزنك تأثير سلبي في إنتاجية المادة الجافة. حيث انخفضت الإنتاجية من 12.9)

(g/Plante في المعاملة OM_2Zn_0 إلى (8.06 g/Plante) في المعاملة OM_2Zn_2، مقابل (3.20 g/Plante) في المعاملة OM_0Zn_0.

لم يكن للفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس تأثير في إحداث فروق معنوية بين المعاملات –الجدول (6.5.) في الملحق رقم (5.)- والارتفاع الظاهري الملاحظ في أغلب المعاملات مقارنة مع الشاهد عائد للتسميد العضوي. حيث تراوحت الإنتاجية بين (2.12 g/Plante) في المعاملة OM_0Cu_2 و (11.14 g/Plante) في المعاملة OM_2Cu_0.

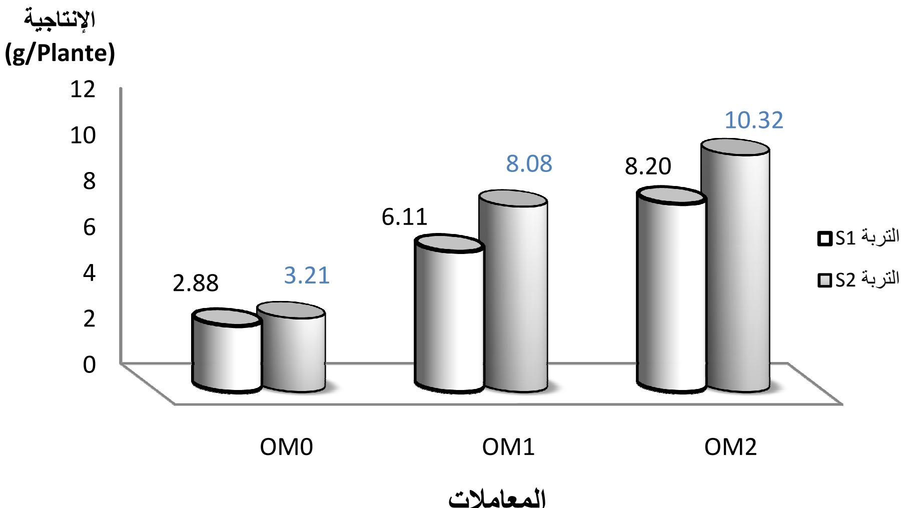
لم يؤدِ الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس إلى إحداث فروق معنوية في الإنتاجية من المادة الجافة بين المعاملات المدروسة. والانخفاض الملاحظ في أغلب المعاملات مقارنة مع الشاهد ظاهري وليس له دلالة إحصائية. فقد انخفضت الإنتاجية إلى (5.27 g/Plante) في المعاملة Zn_2Cu_2 مقابل (8.74 g/Plante) في الشاهد Zn_0Cu_0. كما انخفضت إنتاجية المعاملة Zn_1Cu_0 بفروق غير معنوية مقارنة مع إنتاجية المعاملة Zn_0Cu_2 –الجدول (7.5.) في الملحق رقم (5.)-.

تحت تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس –الجدول (8.5.) في الملحق رقم (5.)- لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين المعاملات، رغم الارتفاع الملاحظ في إنتاجية أغلب المعاملات مقارنة مع إنتاجية الشاهد. ولقد لوحظت أعلى إنتاجية في المعاملة $OM_2Zn_0Cu_0$ (12.62 g/Plante) مقابل (3.46 g/Plante) في الشاهد $OM_0Zn_0Cu_0$.

الجدول (45.5.). نتائج التحليل الإحصائي لتأثير الأفعال المدروسة في إنتاجية محصول الخس من المادة الجافة

Traitements	$LSD_{0.05}$	
	S_1	S_2
Zn. Cu	ns	ns
OM. Zn	ns	2.28*
OM. Cu	ns	ns
OM. Zn. Cu	2.68*	ns

وعند مقارنة إنتاجية التربتين المدروستين من المادة الجافة للخس تبين أنه لم تكن هناك فروق معنوية في إنتاجيتهما، كما هو مبين في الشكل (22.5.).



الشكل (22.5.). تأثير التسميد العضوي في إنتاجية الخس من المادة الجافة

9.5. دراسة علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة

تعتبر علاقة الارتباط أحد المؤشرات الإحصائية وتعبر عن مدى التلازم بين صفتين أو ظاهرتين و يعبر عنها كمياً بالتغير الذي يحدث في إحدى الصفتين نتيجة تغير الصفة الأخرى زيادةً أو نقصاناً. تكون علاقة الارتباط إيجابية عندما تؤدي الزيادة في إحدى الصفات إلى زيادة في الصفة الأخرى، بينما تكون سلبية عندما تؤدي الزيادة في صفة إلى نقص في الصفة الأخرى. تشير نتائج تحليل الارتباط المشترك بين الصفات المدروسة إلى ما يلي:

1.9.5. نتائج تحليل الارتباط المشترك بين المؤشرات المدروسة في نهاية موسم 2006-2007:

1.1.9.5. التربة S_1:

يبين الجدول (46.5.) نتائج تحليل الارتباط المشترك للمؤشرات المدروسة في التربة S_1 في نهاية موسم 2006-2007 ما يلي:

1. دراسة علاقة الارتباط بين محتوى التربة من الزنك المتاح والمؤشرات المدروسة: تشير النتائج إلى وجود علاقة ارتباط إيجابية ومعنوية بين محتوى التربة من الزنك المتاح ومحتوى أوراق السبانخ من الزنك، كما كانت إيجابية وغير معنوية مع كلٍ من: محتوى التربة من النحاس المتاح و أعداد الاكتينومايسيتات ومحتوى أوراق السبانخ من النحاس ومحتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية السبانخ من المادة الجافة. كما

كانت سلبية ومعنوية مع شدة تنفس التربة. وكانت سلبية وغير معنوية مع أعداد كلٍ من البكتريا غير ذاتية التغذية والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والفطريات.

2. دراسة علاقة الارتباط بين محتوى التربة من النحاس المتاح والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية ومعنوية بين محتوى التربة من النحاس المتاح ومحتوى أوراق السبانخ من النحاس. كما كانت إيجابية وغير معنوية مع أعداد كلٍ من البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والفطريات، ومع محتوى أوراق السبانخ من الزنك ومحتوى التربة من المادة العضوية. وكانت سلبية ومعنوية مع أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية. كما كانت سلبية وغير معنوية مع أعداد الاكتينومايسيتات وشدة تنفس التربة وإنتاجية السبانخ من المادة الجافة.

3. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط ايجابية ومعنوية مع أعداد الاكتينومايسيتات وأعداد الفطريات ومحتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية السبانخ من المادة الجافة. وكانت إيجابية غير معنوية مع أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني.

4. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية ومعنوية مع أعداد الاكتينومايسيتات وأعداد الفطريات ومحتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية السبانخ من المادة الجافة. وكانت إيجابية غير معنوية مع شدة تنفس التربة.

5. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد الاكتينومايسيتات والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط ايجابية ومعنوية مع أعداد الفطريات ومحتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية السبانخ من المادة الجافة. وكانت إيجابية غير معنوية مع شدة تنفس التربة ومحتوى أوراق السبانخ من الزنك. وكانت سلبية معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من النحاس.

6. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد الفطريات والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع إنتاجية السبانخ من المادة الجافة. وكانت إيجابية غير معنوية مع شدة تنفس التربة. وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من الزنك والنحاس ومحتوى التربة من المادة العضوية.

7. دراسة علاقات الارتباط بين شدة تنفس التربة والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من الزنك. وكانت سلبية غير معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من النحاس وإنتاجية السبانخ من المادة الجافة.

8. دراسة علاقات الارتباط بين محتوى أوراق السبانخ من الزنك والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط سلبية مع محتوى أوراق السبانخ من النحاس ومحتوى التربة من المادة العضوية. وعدم وجود علاقة ارتباط مع إنتاجية السبانخ من المادة الجافة.
9. دراسة علاقات الارتباط بين محتوى أوراق السبانخ من النحاس والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية السبانخ من المادة الجافة.
10. بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية السبانخ من المادة الجافة.

2.1.9.5. التربة S_2:

يبين الجدول (47.5.) نتائج تحليل الارتباط المشترك للمؤشرات المدروسة في التربة S_2 في نهاية موسم 2006-2007 ما يلي:

1. دراسة علاقة الارتباط بين محتوى التربة من الزنك المتاح والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى أورق السبانخ من الزنك ومع شدة تنفس التربة، وإيجابية غير معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية، وسلبية معنوية مع أعداد كلٍ من البكتريا غير ذاتية التغذية والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات، وسلبية غير معنوية مع محتوى أورق السبانخ من النحاس وإنتاجية السبانخ من المادة الجافة ومع أعداد الفطريات.
2. دراسة علاقة الارتباط بين محتوى التربة من النحاس المتاح والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من النحاس، وإيجابية غير معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية ومع أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني وشدة تنفس التربة، وسلبية معنوية مع أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من الزنك ومع إنتاجية السبانخ من المادة الجافة ومع أعداد الاكتينومايسيتات والفطريات.
3. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية غير معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية ومع إنتاجية السبانخ من المادة الجافة ومع أعداد الاكتينومايسيتات، وكانت سلبية معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من الزنك، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من النحاس ومع أعداد كل من البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والفطريات ومع شدة تنفس التربة.
4. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية ومع إنتاجية السبانخ من المادة الجافة ومع أعداد الاكتينومايسيتات، وإيجابية غير معنوية مع أعداد الفطريات وشدة تنفس التربة، وسلبية معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من الزنك، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من النحاس.

5. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد الاكتينومايسيتات والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية ومع إنتاجية السبانخ من المادة الجافة ومع شدة تنفس التربة، وسلبية معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من الزنك، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من النحاس ومع أعداد الفطريات.
6. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد الفطريات والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية غير معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية السبانخ من المادة الجافة وشدة تنفس التربة، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من الزنك والنحاس.
7. دراسة علاقات الارتباط بين شدة تنفس التربة والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية ومع إنتاجية السبانخ من المادة الجافة ومع محتوى أوراق السبانخ من الزنك، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من النحاس.
8. دراسة علاقات الارتباط بين محتوى أوراق السبانخ من الزنك والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية مع محتوى أوراق السبانخ من النحاس، وسلبية غير معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية ومع إنتاجية السبانخ من المادة الجافة.
9. دراسة علاقات الارتباط بين محتوى أوراق السبانخ من النحاس والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية مع إنتاجية السبانخ من المادة الجافة، وسلبية غير معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية.
10. بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين محتوى التربة من المادة العضوية إنتاجية السبانخ من المادة الجافة.

2.9.5. نتائج تحليل الارتباط المشترك بين المؤشرات المدروسة في نهاية موسم 2007-2008:

1.2.9.5. التربة S_1:

يبين الجدول (48.5.) نتائج تحليل الارتباط المشترك للمؤشرات المدروسة في التربة S_1 في نهاية موسم 2007-2008 ما يلي:

1. دراسة علاقة الارتباط بين محتوى التربة من الزنك المتاح والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك، وإيجابية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من النحاس ومع محتوى التربة من النحاس والمادة العضوية ومع إنتاجية الخس من المادة الجافة ومع أعداد كل من البكتريا غير ذاتية التغذية والفطريات، وسلبية غير معنوية مع أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات وشدة تنفس التربة.
2. دراسة علاقة الارتباط بين محتوى التربة من النحاس المتاح والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى أوراق الخس من النحاس، وإيجابية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك ومحتوى التربة من المادة العضوية ومع أعداد كل من البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والفطريات، وسلبية غير معنوية مع إنتاجية الخس من المادة الجافة ومع أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية والاكتينومايسيتات وشدة تنفس التربة.
3. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية الخس من المادة الجافة ومع أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات وشدة تنفس التربة، وإيجابية غير معنوية مع أعداد الفطريات، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك والنحاس.
4. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية ومع إنتاجية الخس من المادة الجافة ومع أعداد كل من الاكتينومايسيتات والفطريات وشدة تنفس التربة، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك والنحاس.

5. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد الاكتينومايسيتات والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية الخس من المادة الجافة وأعداد الفطريات وشدة تنفس التربة، وإيجابية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من النحاس، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك.
6. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد الفطريات والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية الخس من المادة الجافة وشدة تنفس التربة، وإيجابية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك والنحاس.
7. دراسة علاقات الارتباط بين شدة تنفس التربة والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية الخس من المادة الجافة، وإيجابية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من النحاس، وسلبية معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك.
8. دراسة علاقات الارتباط بين محتوى أوراق الخس من الزنك والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى أوراق الخس من النحاس، وسلبية غير معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية الخس من المادة الجافة.
9. دراسة علاقات الارتباط بين محتوى أوراق الخس من النحاس والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط سلبية غير معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية الخس من المادة الجافة.
10. بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين محتوى التربة من المادة العضوية إنتاجية الخس من المادة الجافة.

2.2.9.5. التربة S_2:

يبين الجدول (49.5.) نتائج تحليل الارتباط المشترك للمؤشرات المدروسة في التربة S_2 في نهاية موسم 2007-2008 ما يلي:

1. دراسة علاقة الارتباط بين محتوى التربة من الزنك المتاح والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك، وإيجابية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من النحاس ومحتوى التربة من المادة العضوية، وسلبية معنوية مع إنتاجية الخس من المادة الجافة وأعداد كل من البكتريا غير ذاتية التغذية والاكتينومايسيتات، و سلبية غير معنوية مع محتوى التربة من النحاس وأعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني وشدة تنفس التربة.
2. دراسة علاقة الارتباط بين محتوى التربة من النحاس المتاح والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من النحاس وأعداد كل من البكتريا غير ذاتية التغذية والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات وشدة تنفس التربة، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك ومع محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية الخس من المادة الجافة وأعداد الفطريات.
3. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من النحاس ومع أعداد كل من الاكتينومايسيتات والفطريات وشدة تنفس التربة، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك ومحتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية الخس من المادة الجافة ومع أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية.
4. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية الخس من المادة الجافة وأعداد الاكتينومايسيتات، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك والنحاس وأعداد الاكتينومايسيتات وشدة تنفس التربة.
5. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد الاكتينومايسيتات والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية

وإنتاجية الخس من المادة الجافة، وسلبية معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك والنحاس، وسلبية غير معنوية مع أعداد الفطريات وشدة تنفس التربة.

6. دراسة علاقات الارتباط بين أعداد الفطريات والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية غير معنوية مع شدة تنفس التربة، وسلبية غير معنوية محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية الخس من المادة الجافة ومع محتوى أوراق الخس من الزنك والنحاس.

7. دراسة علاقات الارتباط بين شدة تنفس التربة والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية مع محتوى أوراق الخس من النحاس، وسلبية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من الزنك ومع محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية الخس من المادة الجافة.

8. دراسة علاقات الارتباط بين محتوى أوراق الخس من الزنك والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية غير معنوية مع محتوى أوراق الخس من النحاس، وسلبية معنوية مع إنتاجية الخس من المادة الجافة، وسلبية غير معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية.

9. دراسة علاقات الارتباط بين محتوى أوراق الخس من النحاس والمؤشرات المدروسة: بينت النتائج وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية مع محتوى التربة من المادة العضوية وإنتاجية الخس من المادة الجافة.

10. بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين محتوى التربة من المادة العضوية إنتاجية الخس من المادة الجافة.

6. الاستنتاجات والمقترحات Déductions

1.6. الاستنتاجات:

حصيلة لدراسة تأثير الأفعال المنفردة والمتبادلة للتسميد العضوي $(OM_0=0, OM_1=20, OM_2=40\ t/ha)$ وإضافة الزنك $(Zn_0=0, Zn_1=100, Zn_2=200\ mgZn.kg^{-1})$ والنحاس $(Cu_0=0, Cu_1=50, Cu_2=100\ mgCu.kg^{-1})$ في نظام تربة - نبات (السبانخ والخس)، يمكن وضع الاستنتاجات التالية:

أدى التسميد العضوي إلى ارتفاع عالي المعنوية $(P<0.001)$ في محتوى التربة من المادة العضوية في كلتا التربتين المدروستين.

ارتفع محتوى التربة المستخدمة من كلٍ من الزنك والنحاس القابلين للإفادة معنوياً $(P<0.001)$ مع زيادة المستوى المضاف من كلٍ منهما. كما أدّى التسميد العضوي إلى زيادة غير معنوية في محتوى التربة المستخدمة من الزنك والنحاس القابلين للإفادة. ولم يكن لإضافة الزنك تأثير معنوي في محتوى التربة من النحاس القابل للإفادة كما لم يكن لإضافة النحاس تأثير معنوي في محتوى التربة من الزنك القابل للإفادة.

كان محتوى التربة S_2 من كلٍ من الزنك والنحاس القابلين للإفادة تحت تأثير المعاملات المستخدمة أعلى معنوياً من محتوى التربة S_1.

أدّت إضافة الزنك والنحاس إلى زيادة عالية المعنوية في محتوى أوراق كل من نباتي السبانخ والخس من هذين العنصرين. وترافق التسميد العضوي مع انخفاض في محتوى أوراق النباتين المدروسين من الزنك، وأدت إضافة النحاس إلى انخفاض عام في محتوى الأوراق من الزنك. كما ترافق مع انخفاض واضح في محتوى النباتين المدروسين (السبانخ والخس) من النحاس أيضاً. وأدت إضافة الزنك بالمستوى Zn_1 $(100\ mg\ Zn.\ Kg^{-1})$ إلى انخفاض في محتوى أوراق السبانخ من النحاس، بينما أدت إضافة الزنك بالمستوى Zn_2 $(200\ mg\ Zn.\ Kg^{-1})$ إلى ارتفاع في محتوى أوراق الخس من النحاس.

كان محتوى أوراق النباتات المزروعة في التربة S_2 من الزنك أعلى بـ(1.5 مرة) ومن النحاس أعلى بـ(1.07 مرة) من محتوى مثيلاتها المزروعة في التربة S_1.

كان محتوى أوراق السبانخ من الزنك أعلى بـ(2.91 مرة)، ومن النحاس أعلى بـ (1.36 مرة) من محتوى أوراق نبات الخس من هذين العنصرين.

أدى التسميد العضوي إلى زيادة معنوية في الإنتاجية من المادة الجافة. ولقد كانت إنتاجية المادة الجافة في التربة S_1 أعلى مما هي عليه في التربة S_2، بفروق معنوية للسبانخ وبفروق غير معنوية للخس. ولم تؤدِ إضافة الزنك إلى إحداث فروق معنوية في إنتاجية السبانخ من المادة الجافة، بينما كان تأثير هذه الإضافة في إنتاجية الخس من المادة الجافة إيجابياً في التربةS_1 وسلبياً في التربة S_2. ولم يكن لإضافة النحاس تأثير في إنتاجية السبانخ أو الخس في التربة S_1، في حين قادت هذه الإضافة إلى انخفاض في إنتاجية المادة الجافة لهذين النباتين في التربة S_2.

أدت إضافة الزنك والنحاس بالتراكيز المدروسة، كلٍ على حده أو مع بعضهما إلى انخفاض في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية في التربة S_1, S_2 وعند زراعة السبانخ والخس على حدٍ سواء، وكان لتركيز النحاس تأثير أشد سلبية في البكتريا غير ذاتية التغذية مقارنة مع الزنك في التربة المزروعة بالسبانخ. كما انخفضت أعداد البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني عند استخدام تراكيز مختلفة من الزنك في التربتين S_1, S_2 وعند زراعة السبانخ والخس، وكان لتأثير التربة (كلسية وغير كلسية) وقع مميز على هذه المجموعة الميكروبية فازدادت في الترب غير الكلسية وانخفضت في الترب الكلسية. وتدنت أعداد الاكتينومايسيتات في التربة S_2 عند زراعة السبانخ والخس تحت تأثير إضافة الزنك المختلفة، بينما ظهر التأثير السلبي للنحاس على هذه المجموعة الميكروبية فقط عند زراعة السبانخ. وانخفضت أعداد الفطريات عند إضافة كل من الزنك والنحاس مجتمعين في التربة S_1, S_2 وعند زراعة كل من السبانخ والخس. تأثرت شدة تنفس التربة سلباً بإضافة كل من الزنك والنحاس منفردين في التربة S_1 عند زراعة السبانخ، بينما لم يسجل وجود سلوك محدد في تأثير كل من الزنك والنحاس في التربة S_1, S_2 عند زراعة الخس، وعلى الرغم من ذلك فقد ارتفعت شدة تنفس التربة المزروعة بالخس بفروق عالية المعنوية على التربة المزروعة بالسبانخ. وأدى التسميد العضوي عند إضافته مع الزنك والنحاس مجتمعين إلى التقليل من التأثير السلبي لكل من الزنك والنحاس في أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية، والبكتريا المستخدمة للآزوت المعدني، والاكتينومايسيتات، فازدادت أعداد المجاميع الميكروبية آنفة الذكر بوجود التسميد العضوي.

أدت التربة المزروعة بالسبانخ إلى ارتفاع أعداد البكتريا غير ذاتية التغذية بفروق معنوية (1.2 مرة). وبـ (1.37 مرة) للفطريات على التربة المزروعة بالخس. بينما ارتفعت أعداد البكتريا

المستخدمة للآزوت المعدني والاكتينومايسيتات في التربة المزروعة بالخس بـ (1.57 مرة) و (2 مرة) على التوالي، على التربة المزروعة بالسبانخ.

2.6. المقترحات:

1. الاهتمام بالتسميد العضوي لما له من فوائد في مجال تقليل الضرر الناجم عن التلوث بالزنك والنحاس.
2. استخدام الكائنات الحية الدقيقة التي لها قدرة على تفكيك المركبات الملوثة والتي استطاعت النمو في ظروف الإجهاد المعدني، بما يسمى بالـ Bioremedation.
3. استخدام بعض النباتات التي لها قدرة على مراكمة العناصر الثقيلة ومن بينها الزنك والنحاس Phytoremedation في مجال الاستصلاح الحيوي الميكروبي والنباتي.
4. الاهتمام بإجراء دراسات حول توزع المعادن الثقيلة عموماً والزنك والنحاس خصوصاً بين الأجزاء النباتية المختلفة، ودراسة معامل انتقال المعادن (الزنك والنحاس) بين التربة والنبات.
5. اتخاذ كافة الإجراءات التي من شأنها تقليل مخرجات بعض الأنشطة البشرية الصناعية منها والزراعية المحتوية على المعادن الثقيلة عموماً.
6. إجراء المزيد من الدراسات على أنواع نباتية أخرى بهدف دراسة تأثير مستويات مرتفعة من الزنك والنحاس فيها.

الملحق Annex

الملحق 1. تأثير العوامل المدروسة في محتوى التربة من TOM:

الموسم الأول (موسم 2006-2007):

الجدول (1.1.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك في محتوى التربة من TOM

Traitements	TOM ....(%)..........	
	S_1	S_2
OM_0 Zn_0	1.089	0.650
OM_0 Zn_1	1.056	0.628
OM_0 Zn_2	1.050	0.661
OM_1 Zn_0	1.167	0.861
OM_1 Zn_1	1.178	0.872
OM_1 Zn_2	1.167	0.922
OM_2 Zn_0	1.444	1.178
OM_2 Zn_1	1.444	1.233
OM_2 Zn_2	1.433	1.189
$LSD_{0.05}$	ns	ns

الجدول (2.1.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس في محتوى التربة من TOM

Traitements	TOM ....(%)..........	
	S_1	S_2
OM_0 Cu_0	1.089	0.633
OM_0 Cu_1	1.033	0.667
OM_0 Cu_2	1.072	0.639
OM_1 Cu_0	1.150	0.872
OM_1 Cu_1	1.178	0.867
OM_1 Cu_2	1.183	0.917
OM_2 Cu_0	1.433	1.189
OM_2 Cu_1	1.444	1.222
OM_2 Cu_2	1.444	1.189
$LSD_{0.05}$	ns	ns

الجدول (3.1.). تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس في محتوى التربة من TOM التربة

Traitements	TOM	
	..........(%)..........	
	S_1	S_2
Zn_0 Cu_0	1.267	0.889
Zn_0 Cu_1	1.200	0.906
Zn_0 Cu_2	1.233	0.894
Zn_1 Cu_0	1.194	0.906
Zn_1 Cu_1	1.244	0.928
Zn_1 Cu_2	1.239	0.900
Zn_2 Cu_0	1.211	0.900
Zn_2 Cu_1	1.211	0.922
Zn_2 Cu_2	1.228	0.950
$LSD_{0.05}$	ns	ns

الجدول (4.1.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس في محتوى التربة من TOM

Traitements	TOM	
	..........(%)..........	
	S_1	S_2
OM_0 Zn_0 Cu_0	1.167	0.633
OM_0 Zn_0 Cu_1	1.033	0.667
OM_0 Zn_0 Cu_2	1.067	0.650
OM_0 Zn_1 Cu_0	1.033	0.633
OM_0 Zn_1 Cu_1	1.067	0.650
OM_0 Zn_1 Cu_2	1.067	0.600
OM_0 Zn_2 Cu_0	1.067	0.633
OM_0 Zn_2 Cu_1	1.000	0.683
OM_0 Zn_2 Cu_2	1.083	0.667
OM_1 Zn_0 Cu_0	1.167	0.867
OM_1 Zn_0 Cu_1	1.133	0.850
OM_1 Zn_0 Cu_2	1.200	0.867
OM_1 Zn_1 Cu_0	1.150	0.850
OM_1 Zn_1 Cu_1	1.200	0.867
OM_1 Zn_1 Cu_2	1.183	0.900
OM_1 Zn_2 Cu_0	1.133	0.900
OM_1 Zn_2 Cu_1	1.200	0.883
OM_1 Zn_2 Cu_2	1.167	0.983
OM_2 Zn_0 Cu_0	1.467	1.167
OM_2 Zn_0 Cu_1	1.433	1.200
OM_2 Zn_0 Cu_2	1.433	1.167
OM_2 Zn_1 Cu_0	1.400	1.233
OM_2 Zn_1 Cu_1	1.467	1.267
OM_2 Zn_1 Cu_2	1.467	1.200
OM_2 Zn_2 Cu_0	1.433	1.167
OM_2 Zn_2 Cu_1	1.433	1.200
OM_2 Zn_2 Cu_2	1.433	1.200
$LSD_{0.05}$	ns	ns

الموسم الثاني (موسم 2008-2007):

الجدول (5.1.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك في محتوى التربة من TOM

Traitements	TOM ....(%)..........	
	S_1	S_2
OM_0 Zn_0	1.106	1.039
OM_0 Zn_1	1.161	1.106
OM_0 Zn_2	1.144	1.083
OM_1 Zn_0	1.367	1.3000
OM_1 Zn_1	1.328	1.300
OM_1 Zn_2	1.367	1.300
OM_2 Zn_0	1.594	1.539
OM_2 Zn_1	1.589	1.528
OM_2 Zn_2	1.611	1.546
$LSD_{0.05}$	ns	ns

الجدول (6.1.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس في محتوى التربة من TOM

Traitements	TOM ....(%)..........	
	S_1	S_2
OM_0 Cu_0	1.11	1.067
OM_0 Cu_1	1.144	1.056
OM_0 Cu_2	1.156	1.106
OM_1 Cu_0	1.350	1.322
OM_1 Cu_1	1.361	1.283
OM_1 Cu_2	1.350	1.294
OM_2 Cu_0	1.617	1.533
OM_2 Cu_1	1.578	1.540
OM_2 Cu_2	1.600	1.539
$LSD_{0.05}$	ns	ns

الجدول (7.1.). تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس في محتوى التربة من TOM

Traitements	TOM ....(%)..........	
	S_1	S_2
Zn_0 Cu_0	1.367	1.300
Zn_0 Cu_1	1.350	1.278
Zn_0 Cu_2	1.350	1.300
Zn_1 Cu_0	1.350	1.322
Zn_1 Cu_1	1.361	1.289
Zn_1 Cu_2	1.367	1.322
Zn_2 Cu_0	1.361	1.300
Zn_2 Cu_1	1.372	1.312
Zn_2 Cu_2	1.389	1.317
$LSD_{0.05}$	ns	ns

الجدول (8.1.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس في محتوى التربة من TOM

Traitements	TOM ....(%)..........	
	S_1	S_2
OM_0 Zn_0 Cu_0	1.100	1.033
OM_0 Zn_0 Cu_1	1.117	1.033
OM_0 Zn_0 Cu_2	1.100	1.050
OM_0 Zn_1 Cu_0	1.133	1.133
OM_0 Zn_1 Cu_1	1.167	1.033
OM_0 Zn_1 Cu_2	1.183	1.150
OM_0 Zn_2 Cu_0	1.100	1.033
OM_0 Zn_2 Cu_1	1.150	1.100
OM_0 Zn_2 Cu_2	1.183	1.117
OM_1 Zn_0 Cu_0	1.383	1.350
OM_1 Zn_0 Cu_1	1.350	1.267
OM_1 Zn_0 Cu_2	1.367	1.283
OM_1 Zn_1 Cu_0	1.317	1.300
OM_1 Zn_1 Cu_1	1.350	1.283
OM_1 Zn_1 Cu_2	1.317	1.317
OM_1 Zn_2 Cu_0	1.350	1.317
OM_1 Zn_2 Cu_1	1.383	1.300
OM_1 Zn_2 Cu_2	1.367	1.283
OM_2 Zn_0 Cu_0	1.617	1.517
OM_2 Zn_0 Cu_1	1.583	1.533
OM_2 Zn_0 Cu_2	1.583	1.567
OM_2 Zn_1 Cu_0	1.600	1.533
OM_2 Zn_1 Cu_1	1.567	1.550
OM_2 Zn_1 Cu_2	1.600	1.500
OM_2 Zn_2 Cu_0	1.633	1.550
OM_2 Zn_2 Cu_1	1.583	1.537
OM_2 Zn_2 Cu_2	1.617	1.550
$LSD_{0.05}$	ns	ns

الملحق 2. تأثير العوامل المدروسة في محتوى التربة من الزنك والنحاس القابلين للإفادة:

الموسم الأول (موسم 2006-2007):

الجدول (1.2.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك في محتوى التربة من الزنك والنحاس القابلين للإفادة

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{1-})..........		Cuivre ....(mg Cu.kg^{1-})..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Zn_0	1.35	1.05	16.23	20.52
OM_0 Zn_1	24.88	36.92	15.72	21.14
OM_0 Zn_2	44.86	62.96	16.70	20.40
OM_1 Zn_0	1.56	1.41	15.80	18.70
OM_1 Zn_1	26.59	42.27	14.08	20.73
OM_1 Zn_2	34.80	60.61	13.69	21.02
OM_2 Zn_0	2.13	1.62	15.50	22.13
OM_2 Zn_1	32.80	43.39	16.35	27.67
OM_2 Zn_2	43.52	60.73	18.62	23.63
$LSD_{0.05}$	ns	2.613*	ns	ns

الجدول (2.2.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس في محتوى التربة من الزنك والنحاس القابلين للإفادة

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{1-})..........		Cuivre ....(mg Cu.kg^{1-})..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Cu_0	21.92	33.85	1.59	0.55
OM_0 Cu_1	25.42	31.13	16.09	19.93
OM_0 Cu_2	23.75	35.95	30.97	41.58
OM_1 Cu_0	19.15	39.10	1.92	0.77
OM_1 Cu_1	22.94	32.75	15.49	20.68
OM_1 Cu_2	20.85	32.44	26.16	39.00
OM_2 Cu_0	23.61	33.70	2.22	0.78
OM_2 Cu_1	28.22	35.38	16.17	31.28
OM_2 Cu_2	26.62	36.66	32.09	41.36
$LSD_{0.05}$	ns	2.242*	2.676*	5.227**

الجدول (3.2.). تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس في محتوى التربة من الزنك والنحاس القابلين للإفادة

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{1-})..........		Cuivre ....(mg Cu.kg^{1-})..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
Zn_0 Cu_0	0.85	0.84	1.23	0.51
Zn_0 Cu_1	1.42	1.39	15.95	21.53
Zn_0 Cu_2	2.77	1.86	30.35	39.30
Zn_1 Cu_0	27.28	40.31	2.20	0.73
Zn_1 Cu_1	28.10	38.38	15.15	28.58
Zn_1 Cu_2	28.88	43.89	28.81	40.24
Zn_2 Cu_0	36.55	65.51	2.30	0.86
Zn_2 Cu_1	47.06	59.49	16.65	21.80
Zn_2 Cu_2	39.57	59.31	30.06	42.40
$LSD_{0.05}$	5.73*	3.207*	ns	3.991*

الجدول (4.2.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس في محتوى التربة من الزنك والنحاس القابلين للإفادة

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{1-})..........		Cuivre ....(mg Cu.kg^{1-})..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Zn_0 Cu_0	0.49	0.54	1.01	0.28
OM_0 Zn_0 Cu_1	1.85	0.80	16.93	20.12
OM_0 Zn_0 Cu_2	1.72	1.82	30.74	41.15
OM_0 Zn_1 Cu_0	25.44	35.00	1.73	0.73
OM_0 Zn_1 Cu_1	23.19	32.06	14.69	20.32
OM_0 Zn_1 Cu_2	26.01	43.70	30.74	42.39
OM_0 Zn_2 Cu_0	39.84	66.02	2.02	.63
OM_0 Zn_2 Cu_1	51.21	60.52	16.64	19.35
OM_0 Zn_2 Cu_2	43.54	62.33	31.43	41.22
OM_1 Zn_0 Cu_0	0.68	1.00	1.12	0.59
OM_1 Zn_0 Cu_1	1.02	1.57	16.13	21.29
OM_1 Zn_0 Cu_2	2.98	1.67	30.16	34.21
OM_1 Zn_1 Cu_0	25.54	48.85	2.29	0.83
OM_1 Zn_1 Cu_1	26.13	37.31	15.20	20.10
OM_1 Zn_1 Cu_2	28.09	40.65	24.76	41.27
OM_1 Zn_2 Cu_0	31.25	67.46	2.36	0.90
OM_1 Zn_2 Cu_1	41.68	59.38	15.15	20.66
OM_1 Zn_2 Cu_2	31.48	55.00	23.55	41.51
OM_2 Zn_0 Cu_0	1.38	0.97	1.57	0.67
OM_2 Zn_0 Cu_1	1.39	1.79	14.78	23.16
OM_2 Zn_0 Cu_2	3.63	2.10	30.16	42.56
OM_2 Zn_1 Cu_0	30.88	37.09	2.58	0.63
OM_2 Zn_1 Cu_1	34.97	45.76	15.57	45.31
OM_2 Zn_1 Cu_2	32.54	47.30	30.92	37.05
OM_2 Zn_2 Cu_0	38.57	63.03	2.51	1.05
OM_2 Zn_2 Cu_1	48.30	58.58	18.15	25.38
OM_2 Zn_2 Cu_2	43.68	60.59	35.20	44.46
$LSD_{0.05}$	ns	5.393*	ns	7.419*

الموسم الثاني (موسم 2007-2008):

الجدول (5.2.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك في محتوى التربة من الزنك والنحاس القابلين للإفادة

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{1-})..........		Cuivre ....(mg Cu.kg^{1-})..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Zn_0	1.90	2.47	13.32	32.00
OM_0 Zn_1	39.59	50.22	17.61	31.83
OM_0 Zn_2	84.76	87.22	16.87	30.03
OM_1 Zn_0	1.79	3.07	14.85	28.44
OM_1 Zn_1	41.02	50.13	17.14	32.41
OM_1 Zn_2	87.69	93.01	16.27	27.76
OM_2 Zn_0	2.19	2.75	15.41	24.60
OM_2 Zn_1	42.43	51.26	16.53	31.06
OM_2 Zn_2	82.32	95.31	13.96	24.02
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns

الجدول (6.2.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس في محتوى التربة من الزنك والنحاس القابلين للإفادة

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{1-})..........		Cuivre ....(mg Cu.kg^{1-})..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Cu_0	45.63	47.60	0.96	1.16
OM_0 Cu_1	41.19	49.00	13.63	33.38
OM_0 Cu_2	39.43	43.31	33.21	59.32
OM_1 Cu_0	43.98	49.98	1.45	1.67
OM_1 Cu_1	41.46	48.16	15.65	32.03
OM_1 Cu_2	45.07	48.07	31.16	54.91
OM_2 Cu_0	44.48	51.53	1.19	1.56
OM_2 Cu_1	38.77	47.47	15.95	26.61
OM_2 Cu_2	43.69	50.33	28.76	51.51
$LSD_{0.05}$	3.634*	ns	2.919*	ns

الجدول (7.2.). تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس في محتوى التربة من الزنك والنحاس القابلين للإفادة

Traitements	Zinc ……….(mg Zn.kg^{1-})……….		Cuivre ……….(mg Cu.kg^{1-})……….	
	S_1	S_2	S_1	S_2
Zn_0 Cu_0	1.13	2.15	0.77	1.20
Zn_0 Cu_1	2.13	3.01	12.74	27.97
Zn_0 Cu_2	2.62	3.12	30.07	55.87
Zn_1 Cu_0	40.40	51.10	1.55	1.71
Zn_1 Cu_1	39.62	48.55	16.51	35.86
Zn_1 Cu_2	43.02	51.96	33.22	57.74
Zn_2 Cu_0	92.56	95.84	1.28	1.48
Zn_2 Cu_1	79.66	93.07	15.98	28.20
Zn_2 Cu_2	82.55	86.63	29.85	52.13
$LSD_{0.05}$	4.116**	6.291*	ns	4.855*

الجدول (8.2.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس في محتوى التربة من الزنك والنحاس القابلين للإفادة

Traitements	Zinc ……….(mg Zn.kg^{1-})……….		Cuivre ……….(mg Cu.kg^{1-})……….	
	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Zn_0 Cu_0	0.78	1.76	0.67	1.23
OM_0 Zn_0 Cu_1	1.92	2.12	8.03	33.42
OM_0 Zn_0 Cu_2	2.99	3.54	31.25	61.35
OM_0 Zn_1 Cu_0	40.34	47.29	1.15	1.18
OM_0 Zn_1 Cu_1	39.84	51.58	16.09	32.60
OM_0 Zn_1 Cu_2	38.58	51.78	35.59	61.72
OM_0 Zn_2 Cu_0	95.76	93.75	1.07	1.07
OM_0 Zn_2 Cu_1	81.81	93.32	16.76	34.12
OM_0 Zn_2 Cu_2	76.71	74.60	32.78	54.89
OM_1 Zn_0 Cu_0	1.08	2.50	0.71	1.19
OM_1 Zn_0 Cu_1	1.90	4.18	14.55	27.46
OM_1 Zn_0 Cu_2	2.39	2.52	29.29	56.66
OM_1 Zn_1 Cu_0	37.67	51.04	2.20	2.23
OM_1 Zn_1 Cu_1	39.88	48.47	15.99	39.14
OM_1 Zn_1 Cu_2	45.52	50.88	33.22	55.86
OM_1 Zn_2 Cu_0	93.18	96.38	1.43	1.59
OM_1 Zn_2 Cu_1	82.60	91.83	16.41	29.50
OM_1 Zn_2 Cu_2	87.30	90.82	30.98	52.20
OM_2 Zn_0 Cu_0	1.53	2.20	0.95	1.16
OM_2 Zn_0 Cu_1	2.57	2.74	15.62	23.03
OM_2 Zn_0 Cu_2	2.47	3.31	29.67	49.60
OM_2 Zn_1 Cu_0	43.19	54.98	1.31	1.72
OM_2 Zn_1 Cu_1	39.15	45.59	17.46	35.83
OM_2 Zn_1 Cu_2	44.96	53.22	30.84	55.63
OM_2 Zn_2 Cu_0	88.73	97.40	1.33	1.78
OM_2 Zn_2 Cu_1	74.58	94.07	14.77	20.97
OM_2 Zn_2 Cu_2	83.64	94.46	25.78	49.31
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns

الملحق 3. تأثير العوامل المدروسة في محتوى أوراق النبات من الزنك والنحاس:

الموسم الأول (موسم 2006-2007):

الجدول (1.3.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك في محتوى أوراق السبانخ من الزنك والنحاس

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{-1})..........		Cuivre ....(mg Cu.kg^{-1})..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Zn_0	26.17	55.98	23.90	27.04
OM_0 Zn_1	154.38	213.46	16.81	19.53
OM_0 Zn_2	199.01	218.44	30.88	21.42
OM_1 Zn_0	26.36	55.96	23.55	31.24
OM_1 Zn_1	136.54	192.27	14.69	21.48
OM_1 Zn_2	175.74	209.16	14.61	21.98
OM_2 Zn_0	36.66	60.05	16.94	17.82
OM_2 Zn_1	164.85	170.71	16.86	18.47
OM_2 Zn_2	175.69	206.68	15.37	23.31
$LSD_{0.05}$	4.007**	3.115**	0.805**	1.150**

الجدول (2.3.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس في محتوى أوراق السبانخ من الزنك والنحاس

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{-1})..........		Cuivre ....(mg Cu.kg^{-1})..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Cu_0	122.61	171.15	14.25	8.64
OM_0 Cu_1	123.71	156.65	28.88	27.91
OM_0 Cu_2	133.25	160.09	28.37	31.44
OM_1 Cu_0	111.15	158.09	10.39	10.40
OM_1 Cu_1	108.92	152.60	21.81	24.35
OM_1 Cu_2	118.58	146.70	20.65	39.94
OM_2 Cu_0	132.96	151.86	10.47	5.99
OM_2 Cu_1	128.80	142.36	17.06	26.36
OM_2 Cu_2	115.44	143.21	21.64	27.26
$LSD_{0.05}$	3.982**	2.76**	0.815**	1.035**

الجدول (3.3.). تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس في محتوى أوراق السبانخ من الزنك والنحاس

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg1-)..........		Cuivre ....(mg Cu.kg1-)..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
Zn_0 Cu_0	34.19	68.65	14.39	8.76
Zn_0 Cu_1	23.60	51.57	23.68	26.52
Zn_0 Cu_2	31.41	51.77	26.33	40.82
Zn_1 Cu_0	146.61	188.79	9.29	7.63
Zn_1 Cu_1	160.35	194.57	18.00	24.77
Zn_1 Cu_2	148.82	193.08	21.06	27.08
Zn_2 Cu_0	185.92	223.66	11.44	8.64
Zn_2 Cu_1	177.48	205.47	26.07	27.33
Zn_2 Cu_2	187.04	205.15	23.26	30.74
$LSD_{0.05}$	3.641**	2.680**	0.525**	1.050**

الجدول (4.3.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس في محتوى أوراق السبانخ من الزنك والنحاس

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg1-)..........		Cuivre ....(mg Cu.kg1-)..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Zn_0 Cu_0	28.20	64.71	16.88	9.66
OM_0 Zn_0 Cu_1	21.24	37.14	22.06	36.19
OM_0 Zn_0 Cu_2	29.09	66.10	32.76	35.28
OM_0 Zn_1 Cu_0	157.64	215.19	10.11	7.45
OM_0 Zn_1 Cu_1	158.35	217.39	18.88	25.03
OM_0 Zn_1 Cu_2	147.16	207.81	21.43	26.11
OM_0 Zn_2 Cu_0	182.00	233.56	15.75	8.82
OM_0 Zn_2 Cu_1	191.54	215.42	45.69	22.50
OM_0 Zn_2 Cu_2	223.49	206.35	30.92	32.93
OM_1 Zn_0 Cu_0	24.24	73.08	12.56	9.58
OM_1 Zn_0 Cu_1	23.51	53.46	34.28	22.89
OM_1 Zn_0 Cu_2	31.33	41.34	23.80	61.25
OM_1 Zn_1 Cu_0	122.21	184.99	9.70	10.53
OM_1 Zn_1 Cu_1	136.76	192.75	15.65	23.31
OM_1 Zn_1 Cu_2	150.66	199.08	18.72	30.59
OM_1 Zn_2 Cu_0	186.99	216.19	8.91	11.10
OM_1 Zn_2 Cu_1	166.48	211.61	15.51	26.86
OM_1 Zn_2 Cu_2	173.75	199.68	19.42	27.97
OM_2 Zn_0 Cu_0	50.14	68.16	13.72	7.05
OM_2 Zn_0 Cu_1	26.04	64.12	14.69	20.46
OM_2 Zn_0 Cu_2	33.81	47.86	22.43	25.94
OM_2 Zn_1 Cu_0	159.97	166.19	8.05	4.91
OM_2 Zn_1 Cu_1	185.94	173.58	19.49	25.97
OM_2 Zn_1 Cu_2	148.65	172.36	23.04	24.53
OM_2 Zn_2 Cu_0	188.76	221.23	9.66	6.00
OM_2 Zn_2 Cu_1	174.43	189.37	17.00	32.63
OM_2 Zn_2 Cu_2	163.87	209.43	19.44	31.31
$LSD_{0.05}$	6.421**	4.618**	1.061**	1.790**

الموسم الثاني (موسم 2007-2008):

الجدول (5.3.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك في محتوى أوراق الخس من الزنك والنحاس

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{1-})..........		Cuivre ....(mg Cu.kg^{1-})..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Zn_0	20.83	34.48	14.79	19.95
OM_0 Zn_1	28.04	118.61	14.50	14.39
OM_0 Zn_2	40.31	91.87	17.34	31.23
OM_1 Zn_0	11.87	28.97	14.24	12.31
OM_1 Zn_1	26.13	75.54	15.39	15.23
OM_1 Zn_2	31.37	90.31	21.77	10.39
OM_2 Zn_0	18.32	42.20	14.08	12.48
OM_2 Zn_1	27.37	61.28	14.21	9.09
OM_2 Zn_2	29.87	75.24	15.88	9.62
$LSD_{0.05}$	1.361**	4.309**	ns	0.881*

الجدول (6.3.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس في محتوى أوراق الخس من الزنك النحاس

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{1-})..........		Cuivre ....(mg Cu.kg^{1-})..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Cu_0	25.15	86.44	13.23	12.50
OM_0 Cu_1	25.66	70.28	13.52	31.03
OM_0 Cu_2	38.37	88.25	19.88	22.06
OM_1 Cu_0	23.93	75.07	13.80	12.69
OM_1 Cu_1	23.80	61.38	21.35	14.18
OM_1 Cu_2	21.64	58.37	16.25	11.7
OM_2 Cu_0	24.12	77.12	12.32	12.93
OM_2 Cu_1	28.58	59.45	16.17	9.44
OM_2 Cu_2	22.87	42.15	15.59	8.82
$LSD_{0.05}$	1.103**	1.971**	5.230*	0.980**

الجدول (7.3.). تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس في محتوى أوراق الخس من الزنك والنحاس

Traitements	Zinc ....(mg Zn.kg^{1-})..........		Cuivre ....(mg Cu.kg^{1-})..........	
	S_1	S_2	S_1	S_2
Zn_0 Cu_0	16.02	42.96	12.63	14.00
Zn_0 Cu_1	20.16	33.89	14.38	16.00
Zn_0 Cu_2	14.84	28.79	16.10	14.75
Zn_1 Cu_0	27.63	89.94	13.50	11.87
Zn_1 Cu_1	23.68	79.05	13.68	12.65
Zn_1 Cu_2	30.23	86.44	16.83	14.19
Zn_2 Cu_0	29.54	105.73	13.22	12.24
Zn_2 Cu_1	34.20	78.16	22.99	26.00
Zn_2 Cu_2	37.81	73.54	18.79	13.00
$LSD_{0.05}$	1.326**	3.418**	ns	0.914*

الجدول (8.3.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس في محتوى أوراق الخس من الزنك والنحاس

Traitements	Zinc ……….(mg $Zn.kg^{1-}$)……….		Cuivre ……….(mg $Cu.kg^{1-}$)……….	
	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Zn_0 Cu_0	16.66	27.60	14.28	10.24
OM_0 Zn_0 Cu_1	22.63	37.21	14.15	22.60
OM_0 Zn_0 Cu_2	23.19	38.62	15.94	27.02
OM_0 Zn_1 Cu_0	25.56	113.99	12.81	11.11
OM_0 Zn_1 Cu_1	24.40	100.63	11.48	14.88
OM_0 Zn_1 Cu_2	34.16	141.21	19.19	17.19
OM_0 Zn_2 Cu_0	33.22	117.73	12.58	16.14
OM_0 Zn_2 Cu_1	29.96	72.99	14.93	55.59
OM_0 Zn_2 Cu_2	57.75	84.90	24.50	21.96
OM_1 Zn_0 Cu_0	15.22	34.19	13.68	12.65
OM_1 Zn_0 Cu_1	13.66	32.23	11.88	15.50
OM_1 Zn_0 Cu_2	6.73	20.49	17.16	8.78
OM_1 Zn_1 Cu_0	26.28	79.33	14.45	13.90
OM_1 Zn_1 Cu_1	25.03	74.95	14.88	15.12
OM_1 Zn_1 Cu_2	27.07	72.34	16.83	16.68
OM_1 Zn_2 Cu_0	30.28	111.69	13.27	11.50
OM_1 Zn_2 Cu_1	32.72	76.95	37.30	11.92
OM_1 Zn_2 Cu_2	31.11	82.30	14.75	7.74
OM_2 Zn_0 Cu_0	16.18	67.09	9.93	19.10
OM_2 Zn_0 Cu_1	24.20	32.24	17.11	9.89
OM_2 Zn_0 Cu_2	14.60	27.27	15.20	8.44
OM_2 Zn_1 Cu_0	31.04	76.50	13.23	10.59
OM_2 Zn_1 Cu_1	21.62	61.58	14.67	7.95
OM_2 Zn_1 Cu_2	29.45	45.76	14.46	8.71
OM_2 Zn_2 Cu_0	25.13	87.76	13.80	9.09
OM_2 Zn_2 Cu_1	39.92	84.53	16.74	10.49
OM_2 Zn_2 Cu_2	24.57	53.43	17.11	9.29
$LSD_{0.05}$	2.165**	5.175**	8.706*	1.609**

الملحق 4. تأثير العوامل المدروسة في أعداد بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة وشدة تنفس التربة:

الموسم الأول (موسم 2006-2007):

الجدول (1.4.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك في أعداد بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة وشدة تنفس التربة

Traitements	BH		BM		AC		Cham		RS	
	....................(10^6/1g sol sec)....................						(10^3/1g sol sec)		mg CO_2 g^{-1} dm. $24h^{-1}$	
	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Zn_0	12.11	12.80	1.60	3.14	0.30	0.92	14.61	34.64	0.54	0.08
OM_0 Zn_1	10.45	13.84	1.29	2.40	0.28	0.99	5.68	5.53	0.48	0.16
OM_0 Zn_2	11.65	13.62	1.08	1.76	0.25	0.69	6.30	8.39	0.43	0.21
OM_1 Zn_0	13.56	30.76	5.27	2.45	2.14	1.96	11.42	6.81	0.67	0.12
OM_1 Zn_1	14.98	20.14	6.07	1.77	2.54	1.51	35.72	5.69	0.65	0.15
OM_1 Zn_2	14.81	19.36	5.94	2.23	2.34	1.71	33.82	6.04	0.46	0.29
OM_2 Zn_0	22.55	16.13	5.11	3.39	1.89	2.69	15.13	17.12	0.27	0.23
OM_2 Zn_1	11.93	15.11	4.36	3.06	2.07	2.42	4.48	12.12	0.29	0.30
OM_2 Zn_2	18.45	15.23	4.55	2.51	1.91	1.72	6.02	39.82	0.35	0.26
$LSD_{0.05}$	2.48**	3.95**	ns	ns	ns	0.37*	8.26**	7.25**	0.05**	0.06**

الجدول (2.4.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس في أعداد بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة وشدة تنفس التربة

Traitements	BH		BM		AC		Cham		RS	
	....................(10^6/1g sol sec)....................						(10^3/1g sol sec)		mg CO_2 g^{-1} dm. $24h^{-1}$	
	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Cu_0	12.73	15.17	1.43	2.29	0.33	0.78	14.23	31.20	0.64	0.14
OM_0 Cu_1	11.61	14.13	1.30	2.49	0.29	0.83	6.68	9.22	0.38	0.14
OM_0 Cu_2	9.87	10.96	1.25	2.52	0.21	0.99	5.68	8.15	0.43	0.18
OM_1 Cu_0	13.52	25.73	5.44	2.17	2.18	1.71	14.06	5.52	0.61	0.18
OM_1 Cu_1	16.34	21.76	5.86	2.22	2.34	1.78	24.45	7.72	0.65	0.17
OM_1 Cu_2	13.48	22.77	5.99	2.06	2.50	1.68	42.45	5.30	0.52	0.21
OM_2 Cu_0	20.22	19.04	4.57	3.31	2.42	2.77	10.65	26.24	0.27	0.30
OM_2 Cu_1	20.13	12.97	2.05	2.64	1.43	2.21	7.88	23.33	0.28	0.35
OM_2 Cu_2	12.58	14.46	7.39	3.02	2.02	1.85	7.11	19.50	0.35	0.15
$LSD_{0.05}$	2.38*	ns	0.86*	ns	0.25**	0.32**	6.88**	6.16**	0.04**	0.06**

الجدول (3.4.). تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس في أعداد بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة وشدة تنفس التربة

Traitements	BH		BM		AC		Cham		RS	
	...................(10^6/1g sol sec)...................						(10^3/1g sol sec)		mg CO_2 g^{-1} dm. $24h^{-1}$	
	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2
Zn_0 Cu_0	18.99	24.61	3.78	2.73	1.90	1.74	22.64	37.26	0.52	0.18
Zn_0 Cu_1	18.91	19.61	3.22	2.77	1.16	1.82	12.53	11.98	0.51	0.17
Zn_0 Cu_2	10.31	15.48	4.98	3.49	1.28	2.01	5.99	9.33	0.44	0.10
Zn_1 Cu_0	13.60	20.39	3.73	2.39	1.37	1.73	6.01	6.64	0.50	0.18
Zn_1 Cu_1	12.44	13.31	3.23	2.68	1.66	1.85	15.29	10.82	0.45	0.24
Zn_1 Cu_2	11.34	15.38	4.77	2.17	1.86	1.34	24.58	5.89	0.46	0.19
Zn_2 Cu_0	13.88	14.94	3.93	2.65	1.66	1.80	10.30	19.05	0.49	0.26
Zn_2 Cu_1	16.74	15.94	2.76	1.91	1.25	1.16	11.18	17.48	0.35	0.25
Zn_2 Cu_2	14.29	17.33	4.87	1.93	1.59	1.16	24.66	17.72	0.40	0.26
$LSD_{0.05}$	2.37**	2.97**	ns	0.64*	0.28**	0.28**	6.85**	6.14**	0.05*	0.04*

الجدول (4.4.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس في أعداد بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة وشدة تنفس التربة

Traitements	BH		BM		AC		Cham		RS	
	...................(10^6/1g sol sec)...................						(10^3/1g sol sec)		mg CO_2 g^{-1} dm. $24h^{-1}$	
	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Zn_0 Cu_0	14.02	17.53	1.81	2.11	0.38	0.68	32.00	84.10	0.58	0.08
OM_0 Zn_0 Cu_1	13.24	11.06	1.52	3.18	0.32	0.75	9.13	12.64	0.58	0.07
OM_0 Zn_0 Cu_2	9.07	9.82	1.49	4.14	0.20	1.33	2.70	7.19	0.46	0.11
OM_0 Zn_1 Cu_0	11.72	14.79	1.08	2.72	0.36	0.90	2.70	4.74	0.57	0.14
OM_0 Zn_1 Cu_1	10.18	13.68	1.22	2.34	0.30	1.00	4.51	5.53	0.33	0.13
OM_0 Zn_1 Cu_2	9.46	13.05	1.58	2.14	0.17	1.08	9.84	6.33	0.53	0.22
OM_0 Zn_2 Cu_0	12.45	13.21	1.40	2.04	0.26	0.77	8.00	4.74	0.76	0.19
OM_0 Zn_2 Cu_1	11.41	17.64	1.15	1.96	0.25	0.75	6.39	9.49	0.21	0.21
OM_0 Zn_2 Cu_2	11.08	10.01	0.67	1.27	0.24	0.56	4.51	10.95	0.30	0.23
OM_1 Zn_0 Cu_0	11.32	34.56	4.35	2.35	2.00	1.59	10.53	6.24	0.70	0.17
OM_1 Zn_0 Cu_1	20.82	35.42	6.72	2.51	2.34	2.18	17.35	11.93	0.67	0.09
OM_1 Zn_0 Cu_2	8.53	22.31	4.75	2.50	2.10	2.11	6.39	2.25	0.65	0.10
OM_1 Zn_1 Cu_0	18.56	29.38	6.45	1.41	2.42	1.32	11.94	5.12	0.71	0.08
OM_1 Zn_1 Cu_1	12.68	11.90	5.08	2.52	2.27	2.02	34.71	5.89	0.78	0.20
OM_1 Zn_1 Cu_2	13.70	19.13	6.68	1.39	2.93	1.19	60.51	6.06	0.46	0.16
OM_1 Zn_2 Cu_0	10.69	13.24	5.53	2.75	2.12	2.24	19.72	5.19	0.42	0.29
OM_1 Zn_2 Cu_1	15.53	17.97	5.76	1.63	2.42	1.15	21.30	5.36	0.51	0.21
OM_1 Zn_2 Cu_2	18.22	26.87	6.53	2.30	2.48	1.73	60.45	7.58	0.46	0.37
OM_2 Zn_0 Cu_0	31.64	21.74	5.18	3.72	3.31	2.95	25.40	21.45	0.29	0.28
OM_2 Zn_0 Cu_1	22.67	12.34	1.43	2.60	0.82	2.52	11.11	11.36	0.29	0.33
OM_2 Zn_0 Cu_2	13.33	14.31	8.71	3.84	1.54	2.58	8.89	18.57	0.22	0.08
OM_2 Zn_1 Cu_0	10.51	17.01	3.66	3.03	1.34	2.96	3.39	10.05	0.23	0.32
OM_2 Zn_1 Cu_1	14.44	14.35	3.37	3.16	2.41	2.54	6.67	21.04	0.25	0.41
OM_2 Zn_1 Cu_2	10.85	13.96	6.06	2.99	2.47	1.76	3.39	5.28	0.38	0.19
OM_2 Zn_2 Cu_0	18.52	18.36	4.87	3.17	2.60	2.39	3.17	47.21	0.29	0.30
OM_2 Zn_2 Cu_1	23.27	12.20	1.36	2.15	1.08	1.58	5.85	37.61	0.31	0.32
OM_2 Zn_2 Cu_2	13.56	15.12	7.41	2.23	2.04	1.19	9.04	34.64	0.46	0.17
$LSD_{0.05}$	4.07**	5.75**	1.51*	ns	0.46**	0.50*	11.67*	10.71**	0.08**	0.08*

الموسم الثاني (موسم 2007-2008):

الجدول (.5.4). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك في أعداد بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة وشدة تنفس التربة

Traitements	BH		BM		AC		Cham		RS	
	...................(10^6/1g sol sec)...................						(10^3/1g sol sec)		mg CO_2 g^{-1} dm. $24h^{-1}$	
	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Zn_0	5.07	15.47	2.43	4.21	1.72	2.07	6.72	17.96	108.10	98.70
OM_0 Zn_1	4.87	14.20	2.36	4.31	1.62	1.97	4.88	10.98	107.28	95.97
OM_0 Zn_2	4.34	14.08	2.11	5.75	1.49	1.83	7.97	8.48	106.94	106.86
OM_1 Zn_0	8.02	12.11	3.69	7.69	2.36	4.79	8.17	12.77	132.01	95.85
OM_1 Zn_1	13.83	16.67	4.17	7.09	3.27	4.32	19.66	11.14	127.99	94.75
OM_1 Zn_2	11.15	11.07	4.02	7.63	2.82	4.20	8.60	13.46	124.16	88.43
OM_2 Zn_0	23.09	18.66	6.07	6.99	4.92	4.94	10.06	7.72	124.07	100.97
OM_2 Zn_1	17.07	10.98	5.12	6.85	4.55	3.11	17.15	9.45	130.67	96.14
OM_2 Zn_2	30.41	7.67	5.52	5.24	4.52	2.25	11.75	10.26	131.67	95.50
$LSD_{0.05}$	ns	5.28*	ns	0.89*	ns	0.57*	5.58*	ns	3.84*	2.95**

الجدول (.6.4). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس في أعداد بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة وشدة تنفس التربة

Traitements	BH		BM		AC		Cham		RS	
	...................(10^6/1g sol sec)...................						(10^3/1g sol sec)		mg CO_2 g^{-1} dm. $24h^{-1}$	
	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Cu_0	4.09	16.67	2.74	4.17	2.15	1.76	4.91	17.38	104.45	97.47
OM_0 Cu_1	4.13	12.70	1.84	4.69	1.16	2.20	6.61	10.97	111.40	102.22
OM_0 Cu_2	6.05	14.38	2.33	5.42	1.53	1.90	8.05	9.07	106.47	101.84
OM_1 Cu_0	12.77	10.90	4.10	7.01	2.89	3.88	17.85	10.23	130.33	90.00
OM_1 Cu_1	6.34	15.29	3.91	8.53	2.86	5.10	7.92	12.53	131.36	90.71
OM_1 Cu_2	13.90	13.66	3.88	6.87	2.69	4.33	10.67	14.61	122.47	98.33
OM_2 Cu_0	27.83	10.93	4.99	5.60	4.11	3.38	8.99	11.01	131.63	100.32
OM_2 Cu_1	25.95	13.30	5.66	7.25	5.44	3.75	17.03	8.26	128.20	92.82
OM_2 Cu_2	17.42	13.08	6.07	6.21	4.42	3.16	12.95	8.16	126.58	99.48
$LSD_{0.05}$	6.59*	ns	ns	0.90*	0.81*	ns	5.15*	5.20*	3.04**	2.88**

الجدول (7.4.). تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس في أعداد بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة وشدة تنفس التربة

Traitements	BH		BM		AC		Cham		RS	
	..................(10^6/1g sol sec)..................						(10^3/1g sol sec)		mg CO_2 g^{-1} dm. $24h^{-1}$	
	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2
Zn_0 Cu_0	11.93	14.68	4.57	5.83	3.02	4.12	7.33	19.93	122.55	98.00
Zn_0 Cu_1	10.03	15.72	3.44	6.72	3.08	4.08	7.80	7.31	122.98	95.66
Zn_0 Cu_2	14.23	15.84	4.20	6.35	2.90	3.59	9.81	11.22	118.65	101.86
Zn_1 Cu_0	12.65	14.46	3.61	4.88	3.55	2.50	19.54	9.19	121.43	91.60
Zn_1 Cu_1	11.72	13.86	3.96	7.06	2.88	3.62	12.61	10.15	123.24	96.30
Zn_1 Cu_2	12.03	13.52	4.08	6.32	3.00	3.30	9.54	12.22	121.27	98.96
Zn_2 Cu_0	20.12	9.36	3.65	6.08	2.58	2.43	4.87	9.50	122.43	98.19
Zn_2 Cu_1	14.68	11.71	4.01	6.70	3.50	3.35	11.15	14.29	124.74	93.79
Zn_2 Cu_2	11.10	11.75	4.00	5.84	2.75	2.50	12.32	8.41	115.60	98.82
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns	0.60*	5.81*	5.75**	3.16*	2.55**

الجدول (8.4.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس في أعداد بعض المجاميع الرئيسة للكائنات الحية الدقيقة وشدة تنفس التربة

Traitements	BH		BM		AC		Cham		RS	
	..................(10^6/1g sol sec)..................						(10^3/1g sol sec)		mg CO_2 g^{-1} dm. $24h^{-1}$	
	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2
OM_0 Zn_0 Cu_0	2.51	16.72	2.18	3.18	1.28	1.78	3.87	38.47	107.73	97.81
OM_0 Zn_0 Cu_1	6.31	11.91	2.00	4.84	1.72	2.47	9.42	6.14	111.68	102.24
OM_0 Zn_0 Cu_2	6.37	17.78	3.12	4.62	2.17	1.97	6.86	9.28	104.90	96.06
OM_0 Zn_1 Cu_0	5.58	17.32	3.27	4.02	2.72	1.53	5.87	8.96	101.67	98.90
OM_0 Zn_1 Cu_1	3.37	14.12	1.66	4.06	0.75	2.37	2.89	14.60	107.51	97.99
OM_0 Zn_1 Cu_2	5.67	11.16	2.14	4.85	1.39	2.00	5.87	9.36	112.67	91.01
OM_0 Zn_2 Cu_0	4.19	15.97	2.77	5.31	2.44	1.99	4.98	4.70	103.96	95.71
OM_0 Zn_2 Cu_1	2.73	12.08	1.84	5.17	1.01	1.77	7.52	12.16	115.00	106.42
OM_0 Zn_2 Cu_2	6.09	14.19	1.72	6.78	1.04	1.75	11.42	8.58	101.85	118.44
OM_1 Zn_0 Cu_0	12.17	9.27	5.19	7.46	2.96	4.14	7.67	12.36	134.61	88.54
OM_1 Zn_0 Cu_1	3.65	15.27	2.80	7.93	2.20	4.78	4.80	10.34	135.67	97.55
OM_1 Zn_0 Cu_2	8.25	11.78	3.09	7.68	1.92	5.44	12.05	15.60	125.73	101.47
OM_1 Zn_1 Cu_0	11.32	16.76	3.55	5.81	3.51	3.63	38.89	7.08	127.05	86.25
OM_1 Zn_1 Cu_1	6.65	16.61	4.57	8.38	2.78	4.84	12.00	5.67	129.52	91.67
OM_1 Zn_1 Cu_2	23.53	16.62	4.39	7.09	3.51	4.49	8.08	20.68	127.39	106.34
OM_1 Zn_2 Cu_0	14.83	6.67	3.55	7.78	2.21	3.88	6.98	11.24	129.32	95.20
OM_1 Zn_2 Cu_1	8.71	13.99	4.35	9.28	3.60	5.67	6.96	21.58	128.88	82.91
OM_1 Zn_2 Cu_2	9.92	12.56	4.16	5.84	2.65	3.06	11.87	7.57	114.29	87.17
OM_2 Zn_0 Cu_0	21.10	18.05	6.33	6.85	4.81	6.45	10.46	8.95	125.29	107.67
OM_2 Zn_0 Cu_1	20.12	19.97	5.51	7.38	5.33	4.99	9.19	5.44	121.60	87.19
OM_2 Zn_0 Cu_2	28.05	17.96	6.38	6.74	4.61	3.37	10.52	8.78	125.32	108.06
OM_2 Zn_1 Cu_0	21.05	9.30	4.01	4.81	4.43	2.28	13.85	11.53	135.57	89.65
OM_2 Zn_1 Cu_1	25.14	10.87	5.66	8.73	5.11	3.65	22.93	10.19	132.68	99.24
OM_2 Zn_1 Cu_2	6.90	12.77	5.71	7.00	4.11	3.40	14.67	6.63	123.76	99.54
OM_2 Zn_2 Cu_0	41.33	5.45	4.63	5.15	3.10	1.42	2.65	12.57	134.02	103.64
OM_2 Zn_2 Cu_1	32.60	9.06	5.83	5.65	5.89	2.62	18.96	9.14	130.33	92.02
OM_2 Zn_2 Cu_2	17.30	8.50	6.11	4.90	4.56	2.71	13.65	9.08	130.67	90.84
$LSD_{0.05}$	11.54*	ns	1.49*	ns	ns	1.00*	9.65*	9.58**	5.32**	4.54**

الملحق 5. تأثير العوامل المدروسة في إنتاجية النبات من المادة الجافة:

إنتاجية نبات السبانخ من المادة الجافة:

الجدول (1.5.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك في إنتاجية السبانخ من المادة الجافة

Traitements	M.S. ....(g/ Plante)..........	
	S_1	S_2
OM_0 Zn_0	1.060	0.437
OM_0 Zn_1	0.853	0.593
OM_0 Zn_2	0.980	0.393
OM_1 Zn_0	1.773	0.853
OM_1 Zn_1	2.107	0.973
OM_1 Zn_2	1.887	0.900
OM_2 Zn_0	2.067	1.873
OM_2 Zn_1	2.007	1.520
OM_2 Zn_2	2.307	1.460
$LSD_{0.05}$	ns	0.242*

الجدول (2.5.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس في إنتاجية السبانخ من المادة الجافة

Traitements	M.S. ....(g/ Plante)..........	
	S_1	S_2
OM_0 Cu_0	1.007	0.613
OM_0 Cu_1	1.013	0.473
OM_0 Cu_2	0.873	0.337
OM_1 Cu_0	1.913	1.060
OM_1 Cu_1	1.907	0.960
OM_1 Cu_2	1.947	0.707
OM_2 Cu_0	2.100	1.873
OM_2 Cu_1	2.247	1.460
OM_2 Cu_2	2.033	1.52
$LSD_{0.05}$	ns	ns

الجدول (3.5.). تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس في إنتاجية السبانخ من المادة الجافة

Traitements	M.S. ....(g/ Plante)..........	
	S_1	S_2
$Zn_0\ Cu_0$	1.620	1.167
$Zn_0\ Cu_1$	1.780	1.067
$Zn_0\ Cu_2$	1.500	0.930
$Zn_1\ Cu_0$	1.693	1.220
$Zn_1\ Cu_1$	1.553	0.893
$Zn_1\ Cu_2$	1.720	0.973
$Zn_2\ Cu_0$	1.707	1.160
$Zn_2\ Cu_1$	1.833	0.933
$Zn_2\ Cu_2$	1.633	0.660
$LSD_{0.05}$	ns	0.185*

الجدول (4.5.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس في إنتاجية السبانخ من المادة الجافة

Traitements	M.S. ....(g/ Plante)..........	
	S_1	S_2
$OM_0\ Zn_0\ Cu_0$	0.98	0.58
$OM_0\ Zn_0\ Cu_1$	1.32	0.38
$OM_0\ Zn_0\ Cu_2$	0.88	0.35
$OM_0\ Zn_1\ Cu_0$	0.90	0.64
$OM_0\ Zn_1\ Cu_1$	0.82	0.64
$OM_0\ Zn_1\ Cu_2$	0.84	0.50
$OM_0\ Zn_2\ Cu_0$	1.14	0.62
$OM_0\ Zn_2\ Cu_1$	0.90	0.40
$OM_0\ Zn_2\ Cu_2$	0.90	0.16
$OM_1\ Zn_0\ Cu_0$	1.68	0.98
$OM_1\ Zn_0\ Cu_1$	1.86	0.84
$OM_1\ Zn_0\ Cu_2$	1.78	0.74
$OM_1\ Zn_1\ Cu_0$	2.08	1.06
$OM_1\ Zn_1\ Cu_1$	1.92	0.98
$OM_1\ Zn_1\ Cu_2$	2.32	0.88
$OM_1\ Zn_2\ Cu_0$	1.98	1.14
$OM_1\ Zn_2\ Cu_1$	1.94	1.06
$OM_1\ Zn_2\ Cu_2$	1.74	0.50
$OM_2\ Zn_0\ Cu_0$	2.20	1.94
$OM_2\ Zn_0\ Cu_1$	2.16	1.98
$OM_2\ Zn_0\ Cu_2$	1.84	1.70
$OM_2\ Zn_1\ Cu_0$	2.10	1.96
$OM_2\ Zn_1\ Cu_1$	1.92	1.06
$OM_2\ Zn_1\ Cu_2$	2.00	1.54
$OM_2\ Zn_2\ Cu_0$	2.00	1.72
$OM_2\ Zn_2\ Cu_1$	2.66	1.34
$OM_2\ Zn_2\ Cu_2$	2.26	1.32
$LSD_{0.05}$	ns	0.339*

إنتاجية نبات الخس من المادة الجافة:

الجدول (5.5.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك في إنتاجية الخس من المادة الجافة

Traitements	M.S. ....(g/ Plante).........	
	S_1	S_2
OM_0 Zn_0	2.65	3.20
OM_0 Zn_1	3.07	3.28
OM_0 Zn_2	2.91	3.14
OM_1 Zn_0	5.72	10.68
OM_1 Zn_1	6.06	7.27
OM_1 Zn_2	6.54	6.30
OM_2 Zn_0	7.43	12.09
OM_2 Zn_1	7.87	10.80
OM_2 Zn_2	9.29	8.06
$LSD_{0.05}$	ns	2.28*

الجدول (6.5.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والنحاس في إنتاجية الخس من المادة الجافة

Traitements	M.S. ....(g/ Plante).........	
	S_1	S_2
OM_0 Cu_0	3.03	4.00
OM_0 Cu_1	2.89	3.50
OM_0 Cu_2	2.71	2.12
OM_1 Cu_0	6.20	8.34
OM_1 Cu_1	5.74	8.25
OM_1 Cu_2	6.38	7.66
OM_2 Cu_0	8.39	11.14
OM_2 Cu_1	7.70	9.68
OM_2 Cu_2	8.51	10.14
$LSD_{0.05}$	ns	ns

الجدول (7.5.). تأثير الفعل المتبادل بين الزنك والنحاس في إنتاجية الخس من المادة الجافة

Traitements	M.S. ....(g/ Plante).........	
	S_1	S_2
Zn_0 Cu_0	5.35	8.74
Zn_0 Cu_1	4.99	8.98
Zn_0 Cu_2	5.47	8.26
Zn_1 Cu_0	5.46	8.15
Zn_1 Cu_1	5.63	6.81
Zn_1 Cu_2	5.90	6.38
Zn_2 Cu_0	6.81	6.59
Zn_2 Cu_1	5.70	5.64
Zn_2 Cu_2	6.23	5.27
$LSD_{0.05}$	ns	ns

الجدول (8.5.). تأثير الفعل المتبادل بين التسميد العضوي والزنك والنحاس في إنتاجية الخس من المادة الجافة

Traitements	M.S. ....(g/ Plante)..........	
	S_1	S_2
OM_0 Zn_0 Cu_0	2.07	3.46
OM_0 Zn_0 Cu_1	2.99	3.52
OM_0 Zn_0 Cu_2	2.88	2.63
OM_0 Zn_1 Cu_0	3.20	4.23
OM_0 Zn_1 Cu_1	3.06	3.98
OM_0 Zn_1 Cu_2	2.94	1.63
OM_0 Zn_2 Cu_0	3.83	4.32
OM_0 Zn_2 Cu_1	2.60	3.00
OM_0 Zn_2 Cu_2	2.30	2.09
OM_1 Zn_0 Cu_0	7.06	10.14
OM_1 Zn_0 Cu_1	4.64	11.71
OM_1 Zn_0 Cu_2	5.46	10.20
OM_1 Zn_1 Cu_0	5.63	8.25
OM_1 Zn_1 Cu_1	6.18	6.46
OM_1 Zn_1 Cu_2	6.35	7.09
OM_1 Zn_2 Cu_0	5.91	6.62
OM_1 Zn_2 Cu_1	6.39	6.59
OM_1 Zn_2 Cu_2	7.32	5.69
OM_2 Zn_0 Cu_0	6.91	12.62
OM_2 Zn_0 Cu_1	7.33	11.71
OM_2 Zn_0 Cu_2	8.06	11.94
OM_2 Zn_1 Cu_0	7.56	11.99
OM_2 Zn_1 Cu_1	7.66	9.99
OM_2 Zn_1 Cu_2	8.40	10.43
OM_2 Zn_2 Cu_0	10.70	8.82
OM_2 Zn_2 Cu_1	8.11	7.34
OM_2 Zn_2 Cu_2	9.07	8.03
$LSD_{0.05}$	2.68*	ns

*: significatif p = 0.05

**: significatif à p = 0.01

7. المراجع Références bibliographiques

1.7. المراجع العربية:

1. ابن صادق، عبد الوهاب رجب هاشم (2001): ميكروبيولوجيا التعدين، كلية العلوم- جامعة الملك سعود- المملكة العربية السعودية.
2. الجلا، عبد المنعم محمد (2003): الزراعة العضوية- الأسس وقواعد الإنتاج والمميزات، كلية الزراعة – جامعة عين شمس- مصر.
3. الدومي، فوزي محمد و طبيل، خليل محمود و القزيزي، موسى أمحمد (1995): الأسمدة ومحسنات التربة، (تأليف: روي هنتر فوليت، ولاري س.مورفي، وروي ل. دوناهيو)، جامعة عمر المختار – الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى.
4. السراني، عبد العزيز بن قبلان والترك، إدريس بن منير والحسيني، محمد محمد (2005): الميكروبيولوجيا التطبيقية العملية-الجزأين الأول والثاني، كلية العلوم – جامعة طيبة- المدينة المنورة.
5. السعد، مها رؤوف (1980): مبادئ فسلجة الأحياء الدقيقة المجهرية، جامعة الموصل – العراق.
6. السهيلي، إبراهيم عزيز خالد (1980): مدخل إلى الفطريات، (تأليف: جون ويبستر)، كلية العلوم – جامعة بغداد- العراق.
7. الشيخ حسن، طه (2003): خصوبة التربة وتغذية أشجار الفاكهة، منشورات دار علاء الدين.
8. العيسى، عبد الله (2005): أساسيات الأحياء الدقيقة، كلية الزراعة- جامعة البعث.
9. القطب، عدنان وحامد، فيصل وبوراس، ميتادي والعيس، عماد وجمال، محمد حسني (1994): أساسيات إنتاج الفاكهة والخضار –الجزء النظري، كلية الزراعة- جامعة دمشق.
10. الكسندر، مارتن (1982): مقدمة في ميكروبيولوجيا التربة- الطبعة الثانية، جون وايلي وأولاده، نيويورك (ترجمة عربية).

11. النعيمي، سعد الله نجم عبد الله (1984): مبادئ تغذية النبات، (تأليف: ك. مينكل وى. آ. كيربي)، جامعة الموصل- العراق.

12. الوهيبي، محمد بن حمد محمد (1999):التغذية المعدنية في النبات، كلية العلوم- جامعة الملك سعود- المملكة العربية السعودية.

13. بلبع، عبد المنعم (1998) الأسمدة والتسميد، جامعة الإسكندرية.

14. بياعة، بسام والبلخي، مصطفى (1996) الأحياء الدقيقة، كلية الزراعة- جامعة حلب.

15. درمش، محمد خلدون والقرواني، محي الدين والبلخي، مصطفى (1982): أساسيات علم التربة-الجزء العملي، كلية الزراعة- جامعة حلب.

16. زيدان، علي و كبيبو، عيسى وبوعيسى، عبد العزيز والخضر، أحمد وخليل، نديم (1993): خصوبة التربة وتغذية النبات، كلية الهندسة الزراعية- جامعة تشرين.

17. طرابلسي، إبراهيم يوسف (2001): الميكروبيولوجيا الزراعية، جامعة الملك سعود.

18. عودة، محمود وشمشم، سمير (2007): خصوبة التربة وتغذية النبات- الجزء العملي، كلية الزراعة- جامعة البعث.

19. عودة، محمود وشمشم، سمير (2008): خصوبة التربة وتغذية النبات، جامعة البعث.

20. فارس، فاروق صالح (1992): أساسيات علم الأراضي، منشورات جامعة دمشق.

21. فوث، هنري (1955): اساسيات علم الأراضي.

22. محمود، سعد علي زكي وعبد الوهاب محمد عبد الحافظ ومبارك محمد الصاوي (1988). ميكروبيولوجيا الأراضي، القاهرة- مصر.

23. مشهور، وجدي وحازم، عبد القادر والحداد، محمد وجمال، راوية (2000): أساسيات الميكروبيولوجي، كلية الزراعة- جامعة عين شمس- مصر.

2.7. المراجع الأجنبية:

1. Afyuni Majid, Rezaeinejad Yahya and Schulin Rainer. (2006): Extractability and Plant Uptake of Cu, Zn, Pb and Cd from a Sludge-amended Haplargid in Central Iran. Arid Land Research and Managemznt, Vol. 20, Issue 1, pages 29-41.

2. Alva A.K., Baugh T.J., Sajwan K.S. and Paramasivam S. (2005): Soil pH and Anion Abundance Affects on Copper Adsorption. Journal of Environmental Science and Health, Part B, Vol. 39, Issue 5&6, page 903-910.

3. Arneloli M., Vooijs R., Gonnelli C., Gabbrielli R., Verldeij JA. and Schat H. (2008): High-level Zn and Cd tolerance in Silene paradoxa L. from a moderately Cd- and Zn-contaminated copper mine tailing. Environ Pollt.1,5121.

4. Arnon, D.I. and Stout, P.R. (1939): The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. Plant Physiol. 14,371-375.

5. Arnon, D.I. (1950): Functional aspects of copper in plnts, p.89-114.

6. Aronson,J. M. (1982): Cell Wall Chemistry, Ultra-structure and Metalbolism. In Biology of Conidial Fungi (P. Cole and J. Hendrick,eds), Academic Press, New York.

7. Ashida, J. (1965): Adaptation of fungi to metal toxicants. Ann. Rev. phytopathol. 3:153-174.

8. Ashworth, L. J. and Amin, J. V. (1964): A mechanism for mercury tolerance in fungi. Phytopathol. 54:1459-1463.

9. Bååth E, Diaz-Ravina M, Frostegård S and Campbell CD. (1998): Effect of Metal-Rich Sludge Amendments on the Soil Microbial Community. Appl Envion Microbiol. 64(1):238-245.

10. Bahmanyar, Mohammad Ali. (2008): Effects of Long-Term Irrigation using Industrial Wastewater on Soil Properties and Elemental Contents of Rice, Spinach, Clover, and Grass. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 39: 1620 – 1629.

11. Barajas Aceves M., Grace C., Ansorena J., Dendooven L. and Brookes P.C. (1999): Soil microbial biomass and organic C in a gradient of zinc concentrations in soils around a mine spoil tip. Soil Biology and Biochemistry. Volume 31,Issue 6, Pages 867-876.

12. Barcelo, J. and Poschenrieder, C. (2003): Phytoremediation: principles and perspectives. CONTRIBUTIONS to SCIENCE, 2 (3): 333-344 .

13. Barker W. G. (1972): Toxicity levels of mercury, lead, copper, and zinc in tissue culture systems of cauliflower, lettuce, potato, and carrot. Revue Canadienne de Botanique. Can. J. Bot. 50(5): 973–976 |doi:10.1139/b72-117|© 1972 NRC Canada.

14. Beringer, H. (1963): (G) Uptake and effect of the micronutrient copper applied in ionic and chelated form to barley. Z. Pflanzenernähr. 100,22-34.

15. Bickel A. and Killorn R. (2007): Response of Corn to Banded Zinc Sulfate Fertilizer in Fieds with Variable soil pH. Communications in

soil science and Plant Analysis, Vol. 38, Issue 9&10, page 1317-1329.

16. Bingham F. T. and Garber M. M. (1960): Solubility and Availability of Micronutrients in Relation to Phosphorus Fertilization. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. , 24:209.

17. Bingham, F.T. (1963): Relation between phosphorus and micronutrients in plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27,389-391.

18. Bishop, N.J. (1966): Partial reaction of photosynthesis and photoreductin. Ann. Rev. Plant Physiol. 17,185-208.

19. Boardman, N.K. (1975): Trace elements in photosynthesis, p.199-212.

20. Boehle, J. jr. and Lindsay, W.L. (1969): Micronutrients. The Fertilizer Shoe-Nails. Pt. 6, in the Limelight-Zinc, Fertilizer Solutions 13(1),6-12.

21. Bould, C., Nicholas, D.J.D., Tolhurst, J.A.H. and Wallace, T. (1969): Zinc deficiencies of fruit trees in Britain. Nature 164: 801-882.

22. Bowen, J. E. (1969): Absorption of copper, zinc and manganese by sugar cane tissue. Plant Physiol. 44,255-261.

23. Bremner, J.M. and Knight, A.H. (1970): The complexes zinc, copper, and manganese present in ryegrass. Brit. J. Nutr. 24,279-290.

24. Brooks, R.R. (1988): (Ed) Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals. CAB International, Oxon, UK, 356 pp.

25. Broos K, Warne MS, Heemsbergen DA, Stevens D, Barnes MB, Correll RL and McLaughlin MJ. (2007): Soil factors controlling the toxicity of copper and zinc to microbial processes in Australian soil. Environ Toxicol Chem. 26(4):583-90.

26. Brown, J.C., Tiffin, O.L. and Holmes, R.S. (1958): Carnohydrate and organic acid metabolism with C-14 distribution affected by copper in Thatcher wheat. Plant Phsiol.33,38-42.

27. Brown J. C. and Jones W. E. (1977): Fitting Plants Nutritionally to Soil, III. Sorghum. Agron. J. , 69:410.

28. Brun L.A., Maillet J., Hinsinger P. and Pépin M. (2001): Evaluation of copper availability to plants in copper-contaminated vineyard soils. Envion Pollut. 111(2):293-302.

29. Cakmak, I. and Marschner, H. (1988): Increase in Membrane Permeability and Exudation of Roots of Zinc Deficient plants. Plant Physiol. 132:356-361.

30. Caille, N., Zhao; F.G. and McGrath, S.P. (2005): Comparison Of root absorption, translocation and tolerance of arsenic in the hyperaccumulator Pteris Vittata and the nonhyperaccumulator Pteris tremula. New Phytologist 165:755–761.

31. Caldwell, T.H. (1971): Copper deficiency in crops J. Review of Part work in "Trace Elements in Soils and Crops" Tech. Bulletin, Min. of Agric. Fisheries and Food, U.K.21,62-72.

32. Cartwright, B. and Hallsworth E.G. (1970): Effect of copper deficiency on root nodules of subterranean clover. Plant and soil 33,685-698.

33. Chaignon, Valérie et Hinsinger, Philippe. (2001): Biodisponibilité du cuivre dans la rhizosphère de différentes plantes cultivées : cas de sols viticoles contaminés par des fongicides. INRA. Institut national de la recherche agronomique. Montpellier. France.

34. Chapman, H.C. (1966): Diagnostic Criteria for Plants. Univ. of California, Agric. Pub. Berkley U.S.

35. Chen YX, Wang YP, Lin Q and Luo YM. (2005): Effect of copper-tolerant rhizosphere bacteria on mobility of copper in soil and copper accumulation by Elsholtzia splendens. Environ Int. 31(6):861-6.

36. Chen X, Shi J, Chen Y, Xu X, Xu S and Wang Y. (2006): Tolerance and biosorption of copper and zinc by Pseudomonas putida CZ1 isolated from metal-polluted soil. Can J Microbiol. 52(4):308-16.

37. Christopher F. Harrington, David J. Roberts, and Graham Nickless. (1996): The effect of cadmium, zinc, and copper on the growth, tolerance index, metal uptake, and production of malic acid in two strains of the grass *Festuca rubra*. Revue Canadienne de Botanique. Can. J. Bot. 74(11): 1742–1752 | doi:10.1139/b96-211 |© 1996 NRC Canada.

38. Clemens, S., Palmgren, M. G. and Kramer, U. (2002): A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation. TRENDS in Plant Science 7(7), 309-314.

39. Cluzeau S., (1993). -Index phytosanitaire- 1998, 34ème édition. Acta, Paris, 602pp.

40. Covelo, E. F.; Andrade Couce, M. L. and Vega F. A. (2004): Competitive Adsorption and Desorption of Cadmium, Chromium, Copper, Nickel, Lead, and Zinc by Humic Umbrisols. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 35: 2709 – 2729.

41. Daniels, R.R., Stuckmeyer, B.E. and Peterson, L.A. (1972): Copper toxicity in *Phaseolus vulgaris* L. as influenced by iron nutrition. I. An anatomical study. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 9,249-254.

42. Davies, D.B., Hooper, L.J. and Charlesworth, R.R. (1971): Copper deficiency in crops: III Copper disorders in cereals grown in chalk soil in South Eastern and Central Southern England in Trace Elements in Soils and Crops, Tech Bulletin, Min. of Agric. Fisheries and Food 24,88-118.

43. Dekock, P.C., Cheshire, M.V. and Hall, A. (1971): Comparison of the effect of phosphorus and nitrogen on Cu deficient and sulffering oats J.Sci. Food Agric 22,431-440.

44. Delas, J., (1963). La toxicité du cuivre accumulé dans les sols. Agrochimica 7, 258-288.

45. DESMET G. M. and DIRKSE W. G. (2006): Growth and zinc accumulation in spinach. Physiologia Plantarum. Volume 50 Issue 3, Pages 314 - 318

46. Diaz-Ravina M and Baath E. (1996): Development of Metal Tolerance in soil Bacterial Communities Exposed to Experimentally Increased Metal Levels. Appl Environ Microbiol. 62(8):2970-2977.

47. Doelman, P. and Hanstra, L. (1979): Effect of lead on the soil bacterial mycoflora. Soil Biol. Biochem. 11:487-491.

48. Drouineau, G. and Mazoyer, R. (1962): (F) Contribution to the study of copper toxicity in soils. Ann. Agronom. 13,31-53.

49. Elalaoui Ali Chafai. (2007): Fertilisation Minérale des Cultures, Les éléments minéraux secondaires et oligo-éléments. Programme Nationale de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA).

50. Enwall, K.; Nyberg, K.; Bertilsson, S.; Cederlund, H.; Stenström, J.; and Hallin, S. (2007): Long-term impact of fertilization on activity and composition of bacterial communities and metabolic guilds in agricultural soil. Soil Biology and Biochemistry. 39: 106-115

51. Evanylo, Greory, Sukkariyah Beshr, Eborall Martha Anderson and Zelazny Luucian. (2006): Bioavailability of Heavy Metals in Biosolids-Amended soil, Communications in Soil Science and Plant Analysis, Vol. 37, Issue 15-20, Pages 2157-2170.

52. Fageria N.K. and Barbosa Filho M.P. (2008): Influence of pH on Productivity, Nutrient Use Efficiency by Dry Bean, and Soil Phosphorus Availability in a No-Tillage System. Communications in Soil Science and Plant Analysis, Vol. 39, Issue 7&8, Pages 1016-1025.

53. Feix I., Wiart J. (1998): Connaissance et maîtrise des aspects sanitaires de l'épandage des boues d'épuration des collectivités locales, ADEME éd., 74p.

54. Flores-Velez, L. M., Ducaroir, J., Jaunet, A. M., Robert, M., (1996). Study of the distribution of copper in an acid sandy vineyard soil

by three different methods. European Journal of Soil Science 47, 523-532.

55. Folkeson Lennart and Andersson-Bringmark Ewa. (1988): Impoverishment of vegetation in a coniferous forest polluted by copper and zinc. Revue Canadienne de Botanique. Can. J. Bot. 66(3):417–428| doi:10.1139/b88-067|©1988 NRC anada.

56. Fridovich, I. (1975): Superoxide dismutases. Ann. Rev. Biochem. 44,147-159.

57. Gadd, G. M. and Griffiths, A. J. (1978): Microorganisms and heavy metal toxicity. Microbial Ecology 4:303-317.

58. Gadd, G.M. and Griffiths, A.J. (1980): Influence of pH on toxicity and uptake of copper in Aurebasidium pollulans. Trans. British Mycol. Soc.75:303-317.

59. Gadd, G. M. (1981): Mechanis implicated in the ecological success of polymorphic fungi in metal-polluted habitates. Environm. Techno Lett. 2:531-536.

60. Gadd, G. M. (1992): Metals and microorganisms: A problem of definition. FMS Microb. Letters 100:197-204.

61. Gallardo-Lara F., Azcón M., Quesada JK. and Polo A. (1999): Phytoavailability and extractability of copper and zinc in calcareous soil a,ended with composted urban wastes. J Environ Sci Health B. 34(6):1049-64.

62. Gao Y., He J., Ling W., Hu H. and Liu F. (2003): Effects of organic acids on copper and cadmium desorption from contaminated soils. Eviron Int. 29(5):613-8.

63. Ghasemi-Fasaei R. and Ronaghi A. (2008): Interaction of Iron with Copper, Zinc, and Manganese in Wheat as Affected by Iron and Manganese in a Calcarous Soil. Journal of Plant Nutrition, Vol. 31, Issue 5, Page 839-848.

64. Giordano P. M., Koontz H. V. and Rubins. E. J. (1966): C^{14} Distribution in Photosynthate of Tomato as Influenced by Substrate Copper and Molybdenum Level and Nitrogen Sources. Plant and Soil., 24:437.

65. Giordano, P. M., Noggle, J. C. and Mortvedt, J. J. (1974): Zinc uptake by rice as affected by metal bolic inhibitors and competing cations. Plant and soil 41,637-646

66. Giroux M., Chassé R., Deschênes L. et Côté D. (2005): Étude sur les teneurs, la distribution et la mobilité du cuivre et du zinc dans un sol fertilisé à long terme avec des lisiers de porcs. Vol. 16, n°1 (Québec)- Canada.

67. Goldschmidt, V.M. (1954): Geochemistry. Oxford Univ. Press (Clarendon), London and New York.

68. Gordon, A. S. Howell L. D., and Harwood V. (1994): Responses of diverse heterotrophic bacteria to elevated copper concentrations. Revue Canadienne de Microbiologie. Can. J. Microbiol. **40**(5): 408–411 (1994) | doi:10.1139/m94-067|© 1994 NRC Canada.

69.Grimme, H. (1968): (G) Adsorption of Mn, Co, Cu, and Zn to goethite in dilute solution. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 121, 58-65.

70.Gunsalus, I.C., Pedersen, T.C. and Sligar, S.G. (1975): Oxygenase catalysed biological hydroxylations. Ann. Rev. Biochem. 44,317-340.

71.Hallsworth, E.G., Wilson, S.B. and Greenwood, E.A.N. (1960): Copper and cobalt in nitrogen fixation. Nature 187,79-80.

72.Harley, J.L. (1969): The Biology of Mycorrhiza Plant Sci. Mongr. Leonard Hill Ltd., London.

73.Hashem. A.R. and Al-Sohabani, S.A. (1995): Effect of manganese and zinc on the rowth of Alternarir alternate isolated from Saudi Arabian soils. Geobios 22:135-140.

74.Heitholt J.J., Sloan J.J. and Mackown C.T. (2002): Copper, Mananese, and Zinc Fertilization Effects on Growth of Soybean on a Calcareous soil. Journal of Plant Nutrition, Vol. 25, Issue 8, Pages 1727-1740.

75.Hilber I., Voegelin A., Barmettler K. and Kretzschmar R. (2007): Plant availability of zinc and copper in soil after contamination with brass foundry filter dust: effect of four years of aging: J Environ Qual. 36(1):44-52.

76.Hinojosa MB., Carreira JA., Garcia-Ruiz R. and Dick RP. (2005): Microbial response to heavy metal-polluted soils community analysis from phospholipid-linked fatty acids and ester-linked fatty acids extracts. J Environ Qual. 34(5):1789-800.

77. Hodgson, J.F., Lindsay W.L. and Trierweiler, J.F. (1966): Micronutrient cation complexing soil solution. II. Complexing of zinc and copper in displacing solution from calcareous soil. Soil Sci. Sci. Amer. Proc. 30, 723-726.

78. Hu N, Luo Y, Wu L and Song J. (2007): A field lysimeter study of heavy metal movement down the profile of soils with multiple metal pollution during chelate-enhanced phytoremediation. Int J Phytoremediation. 9(4):257-68.

79. Huszcza-Ciolkowska Grayna and Zawartka Lucyna. (2003): Effects of Poly- and Orthophosphates on the Dynamics of Manganese, Zinc, and Copper in Plant and Soil Material of Varied pH. Communications in Soil Science and Plant Analysis, Vol. 34, Issue 17&18, Pages 2553-2594.

80. Jacobson, B.S., Fong, F. and Heath, R.L. (1975): Carbonic anhydrase oh spinach. Studies on its location, inhibition and physiological function. Plant Physiol. 55,468-474.

81. JAHIRUDDIN M. , CHAMBERS B. J. , LIVESEY N. T. and CRESSER M. S. (2006): Effect of liming on extractable Zn, Cu, Fe and Mn in selected Scottish soils. European Journal of Soil Science Volume 37 Issue 4, Pages 603 – 615.

82. Jiang L.Y., Yang X.E. and He Z.L. (2004): Growth response and phytoextraction of copper at different levels in soils by *Elsholtzia splendens*. Chemosphere, 55(9):1179-87.

83.Jyung, W.H. Ehmann, A., Schlender, K.K. and Scala, J. (1975): Zinc nutrition and starch metalbolism in *Phaseolus vulgaris* L. Plant Physiol. 55,414-420.

84.Juste C. (1995): Les micro-polluants métalliques dans les boues résiduaires des stations d'épuration urbaines, Convention ADEME-INRA, ADEME, éd., 209p.

85.Kabata-Pendias; A. and Pendias; H. (1985): Trace Elements in Soil and Plants. CRC Press,Inc.,Boca Raton, Florida.

86.Kalbitz K. and Wennrich R. (1998). Mobilization of heavy metals and arsenic in polluted wetland soils and its dependence on dissolved organic matter. Sci Total Environ, 209(1):27-39.

87.Klara, P.Y.(ed)(1998): Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, CRC Press, Washington.

88.Kao PH, Huang CC, H and Seu ZY. (2006): Response of microbial activities to heavy metals in a neutral loamy soil treated with biosolid. Chemosphere. 64(1):63-70.Epub.

89.Keller, P. and Deuel, H. (1958): (G) Cation exchange equilibrium with dead plant roots. Trans. Comm.II and IV. Int. Soc. Soil Sci., Vol. II,p. 164-168.

90.Kikuchi, T. (1965): Studies on the pathway of sulphide production in a copper-adapted yeast. Plane Cell Physiol., Tokyo 6:195-210.

91.Krishnamurti GS and Naidu R. (2002): Solid-solution speciation and phytoavailability of copper and zinc in soils. Environ Sci Technol. 36(12):2645-51.

92. Kunito T., Saeki K., Oyaizu H. and Matsumoro S. (1999): Influences of copper forms on the toxicity to microorganisms in soils. Ecotoxicol Environ Saf. 44(2):174-81.

93. Kunito T, Saeki, Goto S, Hayashi H., Oyaizu H. and Matsumoto S. (2001): Copper and zinc fractions affecting microorganisms in long-term sludge-amended soils. Bioresour Technol. 79(2):135-46.

94. Kuo S., Heiman P. E. and Baker A. S., (1983). -Distribution and forms of Cu, Zn, Cd, Fe and Mn in soils near a copper smelter.- *Soil Science*, 135 : 101-109.

95. Latrille C., Denaix L. and Lamy I. (2003): Interaction of copper and zinc with allophane and organic matter in the B horizon of an Andosol. European Journal of Soil Science. Volume 54 Issue 2, Pages 357 – 364.

96. Levi, M.P. (1969): The mechanism of action of copper-chromearsenate preservative against wood destroying fungi. British Wood producters Association Annual Convention.

97. Li J.; Xie ZM.; Zhu YG. and Naidu R. (2005): Risk assessment of heavy metal contaminated soil in the vicinity of a lead/ainc mine. J Environ Sci (China).17(6):881-5.

98. Li J., Yu TM., Zhou J. and Xie ZM. (2008): Assessment of health risk for mined soils based on critical thresholds for lead, zinc, cadmium and copper. Huan Jing Ke Xue. 29(8):2327-30.

99. Liang LY, Yang XE and He ZL. (2004): Gorwth reponce and phytoextraction of copper at different levels in soils by *Elsholltzia splendens*. Chemosphere. 55(9):1179-87.

100. Lindsay, W.L. (1972): Inorganic phase equlibria of micronutrients soil In: Micronutient in Agriculture (J. J. Mortvedt, Giordano, P.M. and Lindsay, W.L., eds.), Soil Sci. of America, Madison, Wis.,p.41.

101. Lindsay, W.L. and Norvell W.A. (1978): Development of DTPA micronutrient soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science. Soc. Amer. J.42:421-428.

102. Lombi, E., Zhao, F., Fuhrmann, M., Ma, L.Q. and McGrath, S.P. (2002): Arsenic distribution and speciation in the fronds of the hyperaccumulator Pteris vittata. New Phytologist 156: 195–203.

103. Loneragan, J.F. (1975): The availability and absorption of trace elements in soil-plant systems and their relation to movement and concentrations of trace elements in plante.

104. Loska Krzysztof, Wiechua Danuta and Pelczar Jacek. (2005): Application of Enrichment Factor to Assessment of Zinc Enrichment/ Depletion in Farming Soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, Vol. 36, Issue 9&10, Pages 1117-1128.

105. Lucas, R.E. and Knezek, B.D.(1972): Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. In: Micronutrients in Agriculture, p.265-288.

106. Maftoun M., Moshiri F., Karimian N. and Ronaghi A.M. (2005): Effects of Two Organic Wastes in Combination with Phosphorus on Growth and Chemical Composition of Spinach and Soil. Journal of Plant Nutrrition, Vol. 27, Issue 9, Page 1635-1651.

107. Marschner, H. (1995): Mineral Nutrition of Higher Plants.2nd. Ed. Academic Press, New York.

108. McCord, J.M., Keele, B.B. and Fridovich,I. (1971): An enzyme based theory of obligate anacrobiosis: The physiological function of superoxide dismutase. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 68,1024-1027.

109. McGrath, S.P., Zhao, F.J. and Lombi, E. (2002): Phytoremediation of metals, metalloids, and radionuclides. Adv. Agronomy 75: 1–56.

110. Mc Laren R. G., and Crawford D. V., (1973). -Studies on soil copper. II. The specific adsorption of copper by soils.- Journal of Soil Science, 24 : 443-452.

111. Mercer, E.R. and Richmond, J.L. (1970): Fate of nutrients in soil: Copper, p. 9. In: Leteombe Laboratory Annual Report.

112. Mesquita ME., Carranca C. and Menino MR. (2002): Influence of pH on copper-zinc competitive adsorption by a sandy soil. Environ Technol. 23(9):1043-50.

113. Miller, W. P., Martens, D. C., Zelazny, L. W., Kornegay, E. T., 1986. Forms of solid phase copper in copper enriched swine manure. Journal of Environmental Quality 15, 69-72.

114. Moore, D.P. (1972): Mechanism of micronutrient uptake by plants, p. 171-189. In: Micronutrients in Agriculture. Soil Sci. Soc Amer. Inc., Madison.

115. MORAL Raul; MORENO-CASELLES Joaquin; PEREZ-MURCIA Marilo and PEREZ-ESPINOSA Aurelia. (2002): Improving the micronutrient availability in calcareous soils by sewage sludge amendment. Communications in soil science and plant analysis ISSN 0010-3624 CODEN CSOSA2.

116. Morgan Richard K. and Taylor Emma. (2004): Copper Accumulation in Vineyard soils in New Zealand. Environmental Sciences, Vol. 1, Issue 2, Pages 139-167.

117. Mortvedt, J. J., Giordano, P. M. and Lindsay, W. L. (1972): Micronutrients in Agriculture. Soil Sci. Soc. Of America, Madison, Wis.

118. Mullin G. L., Martens, D. C., Gettier S. W. and Miller W. P., (1982). -Form and availability of copper and zinc in a Rhodic Paleudult following long-term $CuSO_4$ and $ZnSO_4$ applications *Journal of Environmental Quality*, 11 : 573-577.

119. Naiki, N. (1957): Studies on the adaption of yeast to copper. XVII. Copper-binding sulphur substances of the copper-resistance substrains. Mem. Col. Sci. Kyoto Univ. B24:243-249.

120. Neish, A.C. (1939): Studies on chloroplasts. Biochem. J.33,300-308.

121. Nielson, A.M. and Beck, J.V. (1972): Science 175:1124-1126.

122. Norvell, W.A. (1972): Equibria of Metal Chelates in Soil Solution, Soil Science Society of America, Madison, Wis. P.115.

123. Olsen, S. R. (1972): Micronutrient interactions. In: Micronutrients in Agriculture. Ed. soil Sci. Soc. Amer Inc., Madison/ Wisconsin, p. 243-264.

124. Ozolina, G. and Lapina, L. (1965): Effect of copper and nitrogen nutrition of maize and flax on dynamics of nucleic acids. Microélem Prod. Rast. 75-102.

125. Pallier V. (1992): Etude des teneurs "naturelles" et elements-traces métaliques dans les sols agricoles du grand Nord-Est de la France (Cd-Cr-Cu-Ag-Ni-Pb-Se-Zn).Rapport d stage Univ. Poitiers / Ademe, 39p.

126. Palma L.Di., Ferrantelli P., Merli C., Petrucci E. and Pitzolu I. (2007): Influence of Soil Organic Matter on Copper Extraction from Contaminated Soil. Soil and Sediment Contamination: An Internatioal Journal, Vol. 16, Issue 3, Pages 323-335.

127. Paton, V.H. and Budd, K. (1972): Zinc uptake in Neocomospora vasinfecta. J. Gen. Microbiol. 72:173-184.

128. Pedra F., Domingues H., Ribeiro AB., Polo A. and Monteiro O. (2006): Relationship between Cu and Zn extractable foliar contents and BCR sequential extraction in soil treated with organic amendments. Environ Technol. 27(12):1357-67.

129. Peng HY, Yang XE, Jiang LY and He ZL. (2005a): Copper phytoavailability and uptake by *Elsholtzia splendens* from contaminated soil as affected by soil amendments. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng. 40(4):839-56.

130. Peng, H., Yang, X. and Tian, S. (2005b): Accumulation and ultrastructural distribution of copper in *Elsholtzia splendens*. J. Zhejiang Univ. SCI. 6B(5):311-318.

131. Perrono P. (1999): Les micropolluants métalliques des boues de stations d'épuration urbaine et l'épandage agricole. Mém. D.U.E.S.S., D.E.P., Univ. Picardie, Amiens.

132. Peterson, P.J.(1969): The distribution of Zn-65 in *Agrostis tenus* and *A. stolonifera* tissues, J. Exp. Bot. 20,863-875.

133. Pillay, Veni and Jonnalagadda Sreekanth. (2007): Elemental uptake by edible herbs and lettuce (*Latuca sativa*). Journal of Environmental Science and Health, Part B, Vol. 42, Issue 4, page 423-428.

134. Planquart, P., Bonin, G., Prone, A., Massiani, C., (1999). Distribution, movement and plant availability of trace metals in soils amended with sewage sludge composts : application to low metal loading. The Science of the Total Environment 241, 161-179.

135. Possingham, J.V. (1956): Mineral nutrition and amino acids in tomato. Aust. J.Biol.Sci. 9,539-551.

136. Praske, J.A. and Plocke, D.J. (1971): A role for zinc in the structural intergrity of the cytoplasmie ribosomes of *Euglena gracitis*. Plant Physiol. 48,150-155.

137. Price, C.A., Clark, H.E. and Funkhouser, H.E. (1972): Functions of micronutrients in plants. In: Micronutrients in Agriculture. Soil Sci. Soc. Of America, p. 731-742.

138. Rajapaksha RM, Tobor-Kaplon MA and Bååth E. (2004): Metal toxicity affects fungal and bacterial activities in soil differently. Appl Environ Microbiol,70(5):2966-73.

139. Rauser, W.E. (1973): Zinc toxicity in hydroponic culture. Can J. Bot. 51.301-304.

140. Rauser Wilfried E. and Keith Winterhalder E. (1985): Evaluation of copper, nickel, and zinc tolerances in four grass species. Renue Canadienne de Botanique. Can. J. Bot. 63(1): 58–63 |doi:10.1139/b85-009|© 1985 NRC Canada.

141. Reilly, C. (1969): The uptake and accumulation of copper by *Becium homblei* (De Wild). Duvig and Planke. New Phytologist 68, 1081-1087.

142. Renella G, Ortigoza A. L.R., Landi L. and Nannipieri P. (2003): Additive effects of copper and zinc on cadmium toxicity on phosphatase activities and ATP content of soil as estimated by the ecological dose (ED_{50}). Soil Biology and Biochemistry. Vol 35, Issue 9, Pages 1203-1210.

143. Rinne, R.W. and Langston, R.G. (1960): Effect of growth on redistribution of some mineral elements in peppermint. Plant Physiol. 35,210-215.

144. Robert K. Noyd, F. L. Pfleger, Michael R. Norland, and Michael J. Sadowsky.(1995): Native prairie grasses and microbial community responses to reclamation of taconite iron ore tailing. Revue Canadienne de Botanique. Can. J. Bot. 73(10): 1645–1654 |doi:10.1139/b95-178|© 1995 NRC Canada.

145. Robert M., Juste C. (1997): Stocks et flux d'éléments traces dans les sols du territoire in "Aspects sanitaires et environnementaux de l'épandage agricole des boues d'épuration urbaines, ADEME Journées techniques des 5 et 6 juin 1997", ADEME éd., 320p.

146. Rosell R. A. and Ulrich A. (1964): Critical Zinc Concentrations and Leaf Minerals of Sugar Beet Plant. Soil.Sci. :97-152.

147. Ross. I.S. (1975): Some effect of heavy metal on fungal cells. Trans. British Mycol. Soc. 64:175-193.

148. Ross, I.S. (1982): Effect of copper, cadmium and zinc on germination and mycelia growth of candida albicans. Trans. British Mycol. Sci. 78/543-545.

149. Rousseau J., 1995. -Utilisation du cuivre en agriculture biologique. Impact sur l'environnement et perspectives de diminution des doses employées.- *Institut Technique de l'Agriculture Biologique,* Paris, 62pp.

150. Russ, E. (1958): (G) The determination of available copper and manganese in soils with particular regard to the seedling method. Diss. d. Landw. Fakultät. Giessen.

151. Ryan, Jhon; Garabet, Sonia; Harmsen, Karl and Abdu (1996): A Soil and Plant Analysis Manual Adapted for the West Asia and North Africa Region.

152. Saeki K., Kunito T., Oyaizu H. and Matsumoto S. (2002): Relationships between bacterial tolerance levels and forms of copper and zinc in soils.J Environ Qual. 31(5):1570-5.

153. Saur E. (1990): Effect de l'apport de phosphore, de carbonate de calcium et d' oligo-éléments (Cu, Mn, Zn, B) à trois sols sableux acides sur la croissance et la nutrition de semis de Pinus pinaster Soland in Ait.II. Nutrition en oligo-éléments. © Elsevier/INRA, Agronomie 10,23-28.

154. Scharrer, K. and Schaumlöffel, E. (1960): (G) The uptake of copper by spring cereals grown on copper deficient soils. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk. 89,1-17.

155. Schinder, M. and Osborn, M.J. (1979): Interaction of divalent cations and polyxin Bwith Lipopolysaccharide.Biochem. 18:4425-4431.

156. Schinner,F. Öhlinger, R. Kandeler, E. and Margesin, R. (1996): Methods in soil Biology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

157. Schmid, W.E., Haag, H.P. and Epstein, E. (1965): Absorption of zinc by excised barl roots. Physiol. Plant 18, 860-869.

158. Shallari Seit, (1997): Les comportement des métaux dans le système sol-plante-chaînes alimentaires. Nancy.

159. Shukla, V.C. and Yadav, O.P. (1982): Effect of phosphorus and zinc on nodulation and nitrogen fixation in chickpea (Cicer arietinous). Abstr. 12th Int. Soil Conger., New Delhi,54.

160. Simon L. (2005): Stabilization of metal in acidic mine spoil with amendments and red fescue (*Festuca rubra* L.) growth. Znviron Geochem Health. 27(4):289-300.

161. Singh RP and Agrawal M. (2007): Effect of sewage sludge amendment on heavy metal accumulation and consequent responses of *Beta Vulgaris* plants. Chemosphere 67(11):2229-40.

162. Skrivan M, Skrivanová V and Marounek M. (2005): Effect of dietary zinc, iron, and copper in layer feed on distribution of these elements in eggs, liver, excreta, soil, and herbage. Poult Sci. 84(10):1570-5.

163. Smolders E., McGrath SP., Lombi E., Karman CC., Bernhard R., Cools D., Van den Brande K., Vam OsB. and Walrave N. (2003): Comparison of toxicity of zinc for soil microbial processes between laboratory-contamined and polluted field soils. Environ Toxicol Chem. 22(11):2592-8.

164. Smolders E., Buekers J., Oliver I. and McLaughlin MJ. (2004): Soil properties affecting toxicity of zinc to soil microbial properties in laboratory-spiked and field-contaminated soils. Environ Toxicol Chem.23(11):2633-40.

165. Somers, E. (1963): The uptake of copper by fungal cells. Ann. Appl. Biol. 51:425-437.

166. Song J, Zhao FJ, Luo YM, McGrath SP and Zhang H. (2004): Copper uptake by *Elsholtzia splendens* and *Silene vulgaris* and assessment of copper phytoavailability in contaminated soils. Environ Pollut. 128(3):307-15.

167. Spencer W. F. (1966): Effect of Copper on Yield and Uptake of Phosphorus and Iron by Citrus Seedlings Grown at Various Phosphorus Levels. Soil Sci., 102:296.

168. Srivastava, M., Ma, L.Q., Singh, N. and Singh, S. (2005): Antioxidant responses of hyper-accumulator and sensitive fern species to arsenic. J. Exp. Bot. 56: 1335-1342.

169. Stevenson, F.J. and Ardakani, M.S. (1972): Organic matter reactions envolving micronutrients in soils, p. 79-114.: Micronutrient in Agriculyure, ed. Soi Sci. Soc. Of America Inc.

170. Strakey, R.L. and Waksman, S.A. (1943). Fungi tolerant to extreme acidity and high concentration of copper sulphate. J. Bacteriol. 54:1248-1249.

171. Stuckenholtz, D. D., Olsen, R. J., Gosan, G. and Olsen, R. A. (1966): On the mechanism of phosphorus-zinc interaction in corn nutrition. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30,759-763.

172. Sun S.J., Xu J., Dai S.G. and Han X. (2006): Influences of copper spciation on to toxicity to microorganisms in soil. Biomed Environ Sci. 19(6):409-13.

173. Taiz, L. and Zeiger, E. (2002): Plant Physiology. Sunderland, MA: Sinauer. 690 pp.

174. Tani FH and Barrington S. (2005): Zinc and copper uptake by plants under two transpiration rates. Part II. Buckwheat (Fagopyrum esculentum L.). Environ Pol/ut.138(3):548-58.

175. Thompson, L.M., C. A. Black, C.A. and Zoellner J. A. (1954): Occurrence and Mineralization of Organic Phosphorus in Soil with Particular Reference to Association with Nitrogen, Carbon and pH. Soil. Sci. 77:185.

176. Tiffin, L.O. (1967): Translocation of manganese, iron, cobalt and zinc in tomato. Plant Physiol. 42, 1427-1432.

177. Tiffin, L.O. (1972): Translocation of micronutrients in plants, p.199-229.

178. Toribio M, Romanyà J. (2006): Leaching of heavy metals (Cu, Ni and Zn) and organic matter after sewage sludge application to Mediterranean forest soils. Sci Total Environ. 15;363(1-3):11-12.

179. Tsui, C. (1948): The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plant. Amer. J. Bot. 35,172-179.

180. Turner, R.G. (1969): The subcellular distribution of zinc and copper within the roots of metal tolerant clones of *Agrostis tenuis* Sibth. New Phytol.69,725-731.

181. Vallee, B.L. and Wacker, W.E.C. (1970): Metalloprotein: in H. Neurath (ed.). The Proteins, Vol. 5, Academic Press, New York, p. 192.

182. Vasantha Pillay S., Rao V.S. and Rao K.V.N. (1994): Comparative effects of copper and zinc toxicity and tolerance of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. And *Helianthus annuus* L. Internationl Journal of Environmental Studies, Vol. 46, Issue 2&3, Pages 173-182.

183. Vogeler I, Vachey A, Deurer M. and Bolan N.(2008): Impact of plants on the microbial activity in soils with high and low levels of copper. European Journal of Soil Biology. 44: 92-100.

184. Wainwright, S.J. and Woolhouse, H.W. (1975): Physiological mechanisms of heavy metal tolerance in plants, p. 231-257.

185. Wallace, T. and Hewitt, E.J. (1946): Studies in iron deficiency of crops. I. Problems of iron deficiency and the interrelationships of mineral elements in iron nutrition. J. Pomol. Horti. Sci. 22:153-

186. Wallace, A., Frolich, E. and Lunt, O.R. (1966): Calcium requirements of higher plants. Nature 209,634.

187. Wang DD, Li HX, Wei ZG, Liu MQ, Wang X and Hu F. (2007a): Effects of earthworm inoculation and straw amendment on soil microflora and microbial activity in Cu contaminated soil. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 18(5):1113-9.

188. Wang Y., Shi J., Wang H., Lin Q., Chen X. and Chen Y. (2007b): The influence of soil heavy metals pollution on soil microbial biomass, enzyme activity, and community composition near a copper smelter. Ecotoxicol Environ Saf. 67(1):75-81.

189. Wang YP, Shi JY, Lin Q, Chen XC and Chen YX. (2007c): Heavy metal availability and impact on activity of soil microorganisms along a Cu/Zn contamination gradient. J Environ Sci (China). 19(7):848-53.

190. Wang Y., Li Q., Hui W., Shi J., Lin Q., Chen X. and Chen Y. (2008): Effect of sulphur on soil Cu/Zn availability and microbial community composition. J Hazard Mater. China.

191. Watanabe F. S., Lindsay W. L. and Olsen S. R. (1965): Nutrient Balance Involing P, Fe and Zinc. Soil Sci. Soc. Amer.Proc. , 25:652.

192. Warnock, R. E. (1970). Micronutrient uptake and mobility within cron plant (Zea mays L.) in relation to P induced zinc deficiency. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34, 765-769.

193. Weinberg, E.D. (1977): Microorganisms and Minerals. Marcel Dekker, Inc., York.

194. Whiting, S. N. (2001): Rhizosphere bacteria mobilize zinc for hyperaccumulation by Thlaspi caerulenscens. Environ. Sci. Technol. 35: 3144–3150.

195. Wintz , H., Fox, T and Vulpe, C. (2002): Functional Genomics and Gene Regulation in Biometals Research: Responses of plants to iron, zinc and copper deficiencies. Biochemical Society Transactions. 30 (4) : 766-768.

196. Yamamasaki, Y. and Tsuchiay, S. (1964): Studies on drug resistance of the rice fungus, Piricularia oryzae. Bull. Natt. Ints. Agr. Sci. Japan D11:1-15.

197. Yang JY., Yang XE., He ZL., Li TQ., Shentu JL. and Stoffella PJ. (2006): Effect of pH, organic acids, and inorganic ions on lead desorption from soils. Environ Pollut. 143(1):9-15.

198. Yao HY, Liu YY, Xue D and Huang CY. (2006): Effect of copper on phospholipid fatty acid composition of microbial communities in two red soils. J Environ Sci (China). 18(3):503-9.

199. Yoon, J. Cao, X. Zhou, Q. and Ma L.Q. (2006): Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Sci Total Environ. 268(2-3):456-64.

200. Zhang M., He Z., Calvert DV., Stoffella PJ. and Yang X. (2003): Surface runoff losses of copper and zinc in sandy soils. J Environ Qual. 32(3):909-15.

201. Zhang MK. and Xia YP. (2005): Release behavior of copper and zinc from sandy soils. J Environ Sci (China). 17(4):566-71.

202. Zhao LY., Schulin R. and Nowack B. (2007): The effects of plants on the mobilization of Cu and Zn in soil columns. Environ Sci Technol. 41(8):2770-5.

203. ZHONGREN NAN and CHUANYAN ZHAO. (2000): Heavy metal concentrations in gray calcareous soils of Baiyin region, Gansu Province, P.R. China. Water, air and soil pollution ISSN 0049-6979 CODEN WAPLAC .

204. Zhou DM, Hao XZ, Wang YJ, Dong YH and Cang L. (2005): Copper and Zn uptake by radish and pakchoi as affected by application of livestock and poultry manures. Chemosphere. 59(2):167-75.

L’étude comparative fait apparaître une plus grande concentration en Zn et en Cu dans les épinards que dans laitues. On s’aperçoit que la concentration en Zn et Cu dans les sols est plus grande dans le S2 que dans le S1 et ce, mais la matière sèche est plus grande dans le S1 que dans le S2, en fonction des récoltes.

En fin, nous observons une nette diminution des bactéries hétérotrophes lorsque le Zn et le Cu sont rajouté dans les sols, et ce, aussi bien conjointement que séparément.

On remarque également que l’effet de Cu sur le bactérie et plus néfaste que celui de Zn. Il y a une diminution du dénombrement des bactéries utilisant l’azote minéral en fonction de la concentration en Zn aux sols S1 et S2. Il y a une diminution des actinomycètes au sol S2, en fonction de la variation en Zn cependant il y a un effet négatif du Cu sur les actinomycètes dans la plantation les épinards.

Par contre, l’ajout de Cu et Zn ensemble provoque un arrêt de la reproduction des champignons au sol S1 S2. L’utilisation conjointe du Cu, Zn et engrais fait apparaître une évolution positive de l’ensemble des bactéries.

Il y a une mauvaise respiration des sols comportant un niveau insuffisant du carbonate de calcium lorsque le Cu et Zn sont utilisés séparément.

Mots-clés *:sol calcaire, zinc, cuivre, fertilisation organique, épinard, laitue,* la productivité de la matière sèche, *bactéries hétérotrophes, bactéries utilisées l’azote minéral, actinomycètes, champignons, respiration du sol.*

Influence de la fertilisation organique sur l'absorption de plante de deux métaux (Zinc, Cuivre) et sur l'activité microbienne du sol

Résumé:

L'objectif de cette recherche, réalisé sur des pots, vise à étudier l'influence de différentes concentrations de Zn (0,100 et 200 mg.kg-1) et Cu, (0, 50 et 100 mg.Kg-1) ensembles ou séparément, avec des quantités variantes (0-20-40) t/h d'un engrais organique dans deux types de sols, cultivés par les épinards (*Spinacia oleracea*,) (en 2007) et les laitues (*Latuca sativa*,) (en 2008), dont la composition en carbonate total est différente, (S1 comporte moins que S2 de carbonate total) sur Biodisponibilité du Zinc et du Cuivre dans le sol, prélèvement de plante de deux éléments (Zn, Cu), la productivité de la matière sèche, et sur le dénombrement des populations microbiennes; des bactéries hétérotrophies, des bactéries utilisant l'azote minéral, des actinomycètes, et des champignons. De même, l'effet sur l'intensité respiratoire du sol. L'expérience a comporté 27 traitements à 5 répétitions aux tous les deux sols manipulations et aussi aux les saisons en 2007 et 2008.

Les résultats de l'expérience montrent que les engrais augmentent considérablement la concentration de molécule et permettent une plus grande récoltent (la matière sèche) cependant l'étude sait apparaître une diminution de la concentration de Zn et déçu dans les feuilles des plantes. Les études fait également apparaître un enrichissement des terres en Zn et Cu (biodisponibilité) après utilisation des engrais. Une augmentation de Cu dans le sol provoque une diminution de Zn dans les feuilles de plante. En revanche, on observe qu'après l'ajout de Zn dans le sol, il y a une variation de la concentration en Cu en fonction des différentes plantes.

UNIVERSITÉ AL BAATH, FACULTÉ DE L'AGRICULTURE

THÈSE
présentée pour l'obtention du grade de
Master 2ème de l'Université Al Baath, Faculté de l'agriculture
Département de pédologie et la mise en valeur des sols

Influence de la fertilisation organique sur l'absorption de plante de deux métaux (Zinc, Cuivre) et sur l'activité microbienne du sol

Présentée et soutenue publiquement par
Maryame AL-ACHTAR

Sous la direction

Pr. Mahmoud OUDEH **Pr. Abdulla AL-ISSA**

Année 2008-2009

الجدول (5.46.). يبين علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة في التربة S_1 (موسم 2006-2007)

	Zn (s)	Cu (s)	BH	BM	AC	Cham	Rs	Zn (p)	Cu (p)	MOS	M.S.
Zn (s)	1										
Cu (s)	0.089	1									
BH	-0.155	-0.262*	1								
BM	-0.059	0.124	0.166	1							
AC	0.012	-0.069	0.373**	0.777**	1						
Cham	-0.064	0.010	0.223*	0.348**	0.425**	1					
Rs	-0.246*	-0.165	-0.147	0.084	0.039	0.200	1				
Zn (p)	0.912**	0.007	-0.164	-0.091	0.009	-0.005	-0.270*	1			
Cu (p)	0.016	0.575**	-0.193	-0.168	-0.310**	-0.098	-0.148	-0.092	1		
MOS	0.018	0.054	0.399**	0.347**	0.460**	-0.064	-0.443**	-0.013	-0.295**	1	
M.S.	0.084	-0.015	0.425**	0.431**	0.636**	0.284*	-0.085	0.000	-0.320**	0.520**	1

**. Correlation is significant at the 0.01 level.

*. Correlation is significant at the 0.05 level.

Zn (s) الزنك القابل للإفادة في التربة
Cu (s) النحاس القابل للإفادة في التربة
BH البكتريا غير ذاتية التغذية
BM البكتريا المستخدمة للآزوت المعدني

AC: الاكتينومايسيتات
Cham: الفطريات
Rs: شدة تنفس التربة

Zn (p): محتوى أوراق النبات من الزنك
Cu (p): محتوى أوراق النبات من النحاس
MOS: محتوى التربة من المادة العضوية
M.S.: الإنتاجية من المادة الجافة

الجدول (47.5.). يبين علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة في التربة S_2 (موسم 2006-2007)

	Zn (s)	Cu (s)	BH	BM	AC	Cham	Rs	Zn (p)	Cu (p)	MOS	M.S.
Zn (s)	1										
Cu (s)	0.042	1									
BH	-0.222*	-0.252*	1								
BM	-0.365**	0.016	-0.092	1							
AC	-0.222*	-0.057	0.189	0.531**	1						
Cham	-0.088	-0.141	-0.049	0.030	-0.022	1					
Rs	0.414**	0.032	-0.150	0.008	0.389**	0.014	1				
Zn (p)	0.932**	-0.020	-0.230*	-0.381**	-0.284*	-0.146	0.349**	1			
Cu (p)	-0.141	0.739**	-0.169	-0.059	-0.158	-0.206	-0.182	-0.232*	1		
MOS	0.065	0.161	0.015	0.225*	0.685**	0.171	0.478**	-0.057	-0.070	1	
M.S.	-0.036	-0.201	0.050	0.267*	0.691**	0.095	0.273*	-0.083	-0.330**	0.737**	1

**. Correlation is significant at the 0.01 level.

*. Correlation is significant at the 0.05 level.

الجدول (48.5.). يبين علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة في التربة S_1 (موسم 2007-2008)

	Zn (s)	Cu (s)	BH	BM	AC	Cham	Rs	Zn (p)	Cu (p)	MOS	M.S.
Zn (s)	1										
Cu (s)	0.016	1									
BH	0.101	-0.078	1								
BM	-0.030	0.021	0.497**	1							
AC	-0.026	-0.080	0.576**	0.709**	1						
Cham	0.013	0.003	0.174	0.273*	0.357**	1					
Rs	-0.021	-0.141	0.503**	0.548**	0.521**	0.262*	1				
Zn (p)	0.672**	0.200	-0.034	-0.195	-0.078	0.076	-0.309**	1			
Cu (p)	0.204	0.256*	-0.048	-0.003	0.038	0.008	0.002	0.310**	1		
MOS	0.031	0.010	0.604**	0.716**	0.711**	0.270*	0.716**	-0.137	-0.056	1	
M.S.	0.186	-0.013	0.537**	0.707**	0.631**	0.235*	0.623**	-0.121	-0.058	0.777**	1

**. Correlation is significant at the 0.01 level.

*. Correlation is significant at the 0.05 level.

الجدول (.49.5). يبين علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة في التربة S_2 (موسم 2007-2008)

	Zn (s)	Cu (s)	BH	BM	AC	Cham	Rs	Zn (p)	Cu (p)	MOS	M.S.
Zn (s)	1										
Cu (s)	-0.047	1									
BH	-0.382**	0.083	1								
BM	-0.026	0.130	-0.020	1							
AC	-0.305**	0.026	0.174	0.647**	1						
Cham	-0.086	-0.104	0.016	-0.056	-0.008	1					
Rs	-0.131	0.199	0.075	-0.060	-0.163	0.061	1				
Zn (p)	0.668**	-0.177	-0.174	-0.190	-0.332**	-0.164	-0.097	1			
Cu (p)	0.074	0.133	0.073	-0.160	-0.225*	-0.051	0.338**	0.067	1		
MOS	0.064	-0.057	-0.154	0.374**	0.349**	-0.171	-0.119	-.0215	-0.458**	1	
M.S.	-0.240*	-0.177	-0.075	0.311**	0.491**	-0.123	-0.085	-0.416**	-0.411**	0.711**	1

**. Correlation is significant at the 0.01 level.

*. Correlation is significant at the 0.05 level.